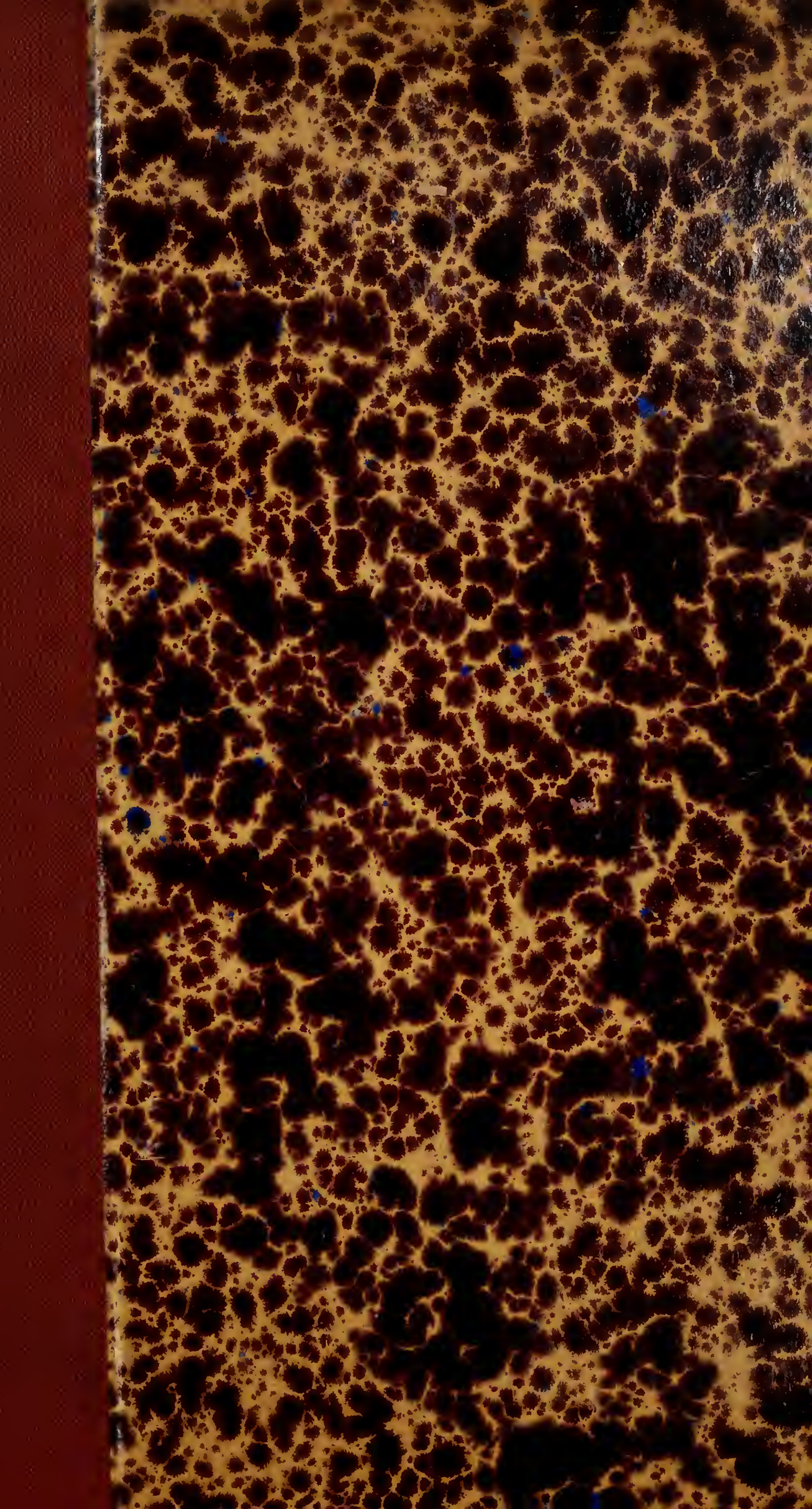
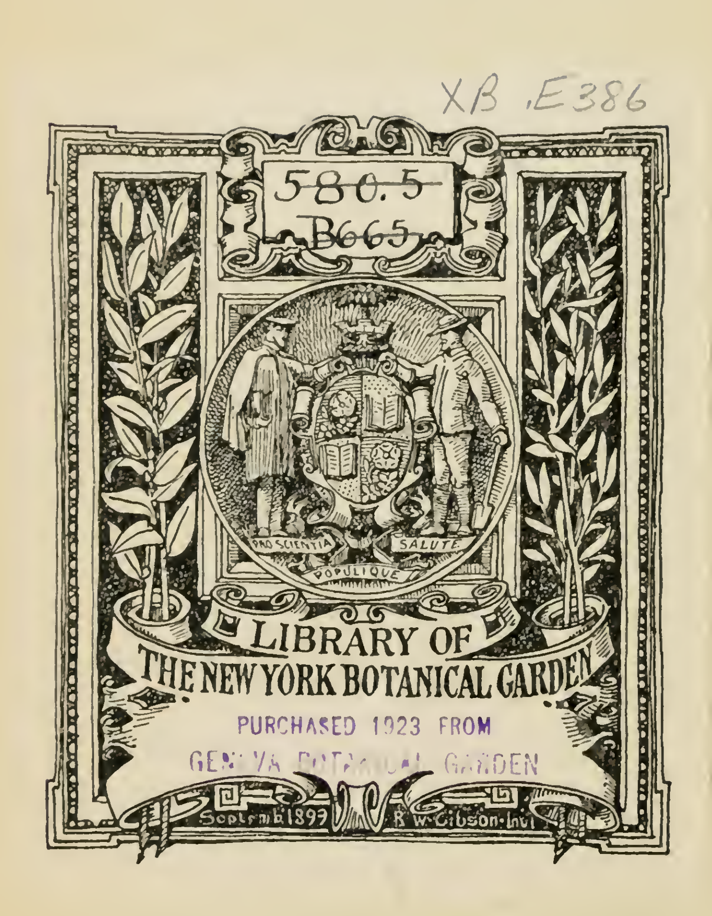



580.5
B665
PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PURCHASED 1923 FROM
GENEVA BOTANICAL GARDEN





Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin.

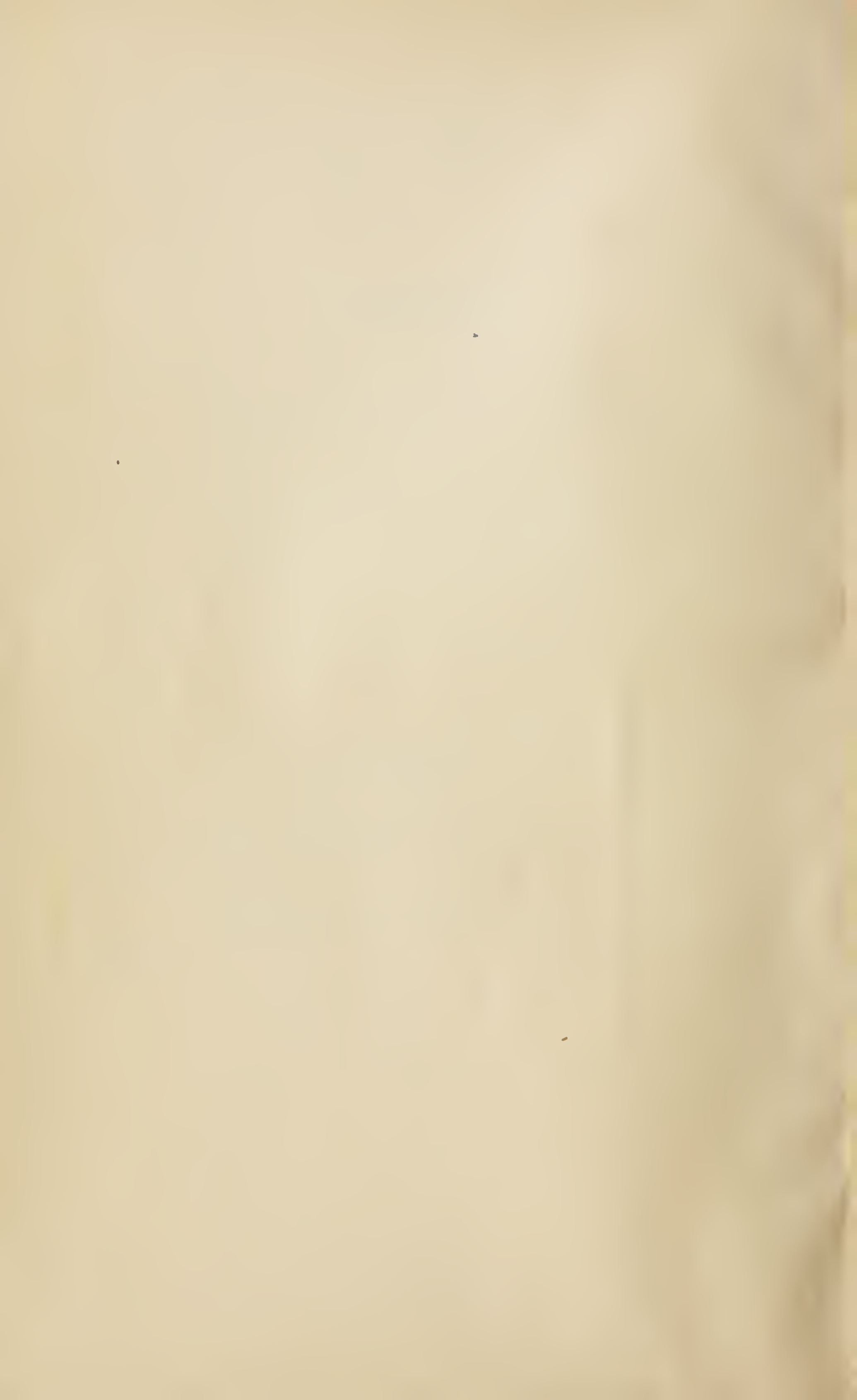
Band XXX.

Erste Abteilung:
Anatomie, Histologie, Morphologie und Physiologie der Pflanzen.

Mit 13 Tafeln und 79 Abbildungen im Text.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Inhalt.



Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin.

Band XXX.

Erste Abteilung:
Anatomie, Histologie, Morphologie und Physiologie der Pflanzen.

Heft 1.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Ausgegeben am 30. Mai 1913.

Inhalt.

Die Beiträge erscheinen in zwangloser Folge. Jeder Band umfaßt 3 Hefte. Preis des Bandes **M. 16.—.**

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen oder direkt vom Verlage C. Heinrich, Dresden-N.

Zusendungen von Manuskripten und Anfragen redaktioneller Art werden unter der Adresse: Geh. Regierungsrat Professor Dr. O. Uhlworm, Berlin W., Hohenzollerndamm 4, mit der Aufschrift „Für die Redaktion der Beihefte zum Botanischen Centralblatt" erbeten.

Das Blühen von Geranium Robertianum L. unter dem Einfluß veränderter physikalischer Bedingungen.

Von

Rob. Stäger.

---

1. Einleitung.

Der Vorgang des Blühens bei *Geranium Robertianum* wurde von mehreren Forschern studiert.

Christian Konrad Sprengel, (9)[1]) der Altmeister der Blütenbiologie, machte den Anfang. Ihm folgten H. Müller (6 u. 7), Mac Leod, Kerner von Marilaun (2), Kirchner (3) und neuerdings A. Schulz (8). Auffallend ist es, daß kaum zwei Beobachter in ihren Resultaten übereinstimmen. Nicht selten wirft einer dem anderen Ungenauigkeit im Beobachten oder Flüchtigkeit vor.

Nach Herm. Müller ist die Blüte von *Geranium Robertianum* schwach protandrisch. Beim Öffnen der Blüte liegen die fünf Narbenäste noch aneinander, die fünf inneren Staubblätter stehen in der Blütenmitte, ihre Antheren öffnen sich etwas oberhalb der Narben und bedecken sich nach oben mit Pollen. Die fünf äußern Staubblätter sind weit nach außen gebogen. Noch während die Antheren der fünf inneren Staubblätter Pollen besitzen, strecken sich die Narbenäste und öffnen sich über den Antheren. Während nun die fünf inneren Staubblätter abblühen, bewegen sich auch die fünf äußern nach der Blütenmitte und umgeben den Griffel. Bei eintretendem Insektenbesuch ist durch die anfängliche Protandrie, später durch die Stellung der entwickelten Narben über den pollenbedeckten Antheren Fremdbestäubung gesichert, Selbstbestäubung jedoch nicht ausgeschlossen. (Zitiert nach Knuth, P., Handbuch der Blütenbiologie.) (4)

Kerner findet „in der Mitte der zum erstenmal geöffneten Blüte eine fünfstrahlige, belegungsfähige Narbe und zehn Pollenblätter, deren Antheren aber sämtlich noch geschlossen sind. Fünf Pollenblätter sind länger, und die von ihnen getragenen Antheren stehen nahezu in gleicher Höhe mit der fünf-

[1]) Nummer hinten im Literaturverzeichnis.

strahligen Narbe, fünf andere sind kürzer, und ihre Antheren bilden einen Kranz unterhalb der Narbe. Schon am Abend des ersten Tages haben sich die Antheren der längeren Pollenblätter geöffnet und ihren hervorquellenden Pollen an die Spitzen der benachbarten Narbenstrahlen abgegeben. Aber das Blühen ist damit bei diesen Pflanzen noch nicht zu Ende: die Blumen schließen sich während der Nacht und werden zum Schutze des Pollens nickend oder überhängend, und nachdem sich am folgenden Morgen die Blüten wieder aufgerichtet haben, verlängern sich die fünf vor den Kronenblättern stehenden Pollenblätter so weit, daß ihre mittlerweile aufgesprungenen Antheren in die Nischen zwischen den Narbenstrahlen eingeschoben werden, wodurch auch die seitlichen Ränder dieser Narbenstrahlen Pollen erhalten. Einige der Antheren werden dann überdies noch über die Narben emporgehoben, was offenbar wieder darauf berechnet ist, daß nun der zur Autogamie nicht verwendete Pollen von Insekten abgeholt und zu andern Blüten, welche sich noch im ersten Entwicklungsstadium befinden, übertragen werde."

Nach diesen Ausführungen Kerners haben wir am Anfang des Blühens Protogynie mit der Möglichkeit einer Kreuzbefruchtung; am Abend des ersten Tages Autogamie und Autogamie am zweiten Tage.

Führen wir die Ergebnisse von A. Schulz noch an, so haben wir die einander am meisten widersprechenden Anschauungen beieinander.

Schulz (8) schreibt: „Bei *Geranium Robertianum* findet stets und zwar, wie dargelegt wurde, dadurch, daß sich die offenen Antheren an die Griffel anlegen, Bestäubung der Narben mit dem Pollen der zugehörigen Antheren statt, vorausgesetzt, daß dieser nicht durch Regen vernichtet wird, bevor die Antheren die Griffel berühren. — Außerdem werden die Narben aber auch häufig durch Insekten, welche die Blüten wegen ihres Honigs oder ihres Pollens besuchen, mit Pollen anderer Blüten der Art bestäubt."

Aus der ganzen übrigen Darstellung Schulzes (l. c.) geht ferner hervor, daß die Staubgefäße resp. Antheren und die Narben gleichzeitig sich entwickeln. Nach seinen Beobachtungen ist die Blüte von *Geranium Robertianum* homogam und autogam. Nebstdem ist Kreuzbestäubung durch Insekten häufig.

Welcher dieser Ansichten sollen wir uns anschließen?

Ich habe der Blüte von *Geranium Robertianum* nun seit ca. vier Jahren meine Aufmerksamkeit geschenkt, sie an verschiedenen Örtlichkeiten, zu verschiedenen Jahreszeiten und bei ganz verschiedener Witterung beobachtet und bin dadurch zu der Überzeugung gelangt, daß sie blütenbiologisch höchst labil ist und sich rasch jeden Verhältnissen anzupassen vermag, vielleicht ebenso rasch wie viele allotrope Alpenpflanzen. Dies erklärt den scheinbaren Widerspruch in den Ergebnissen der bisherigen Beobachter. Die nun folgenden Daten mögen den Beweis dafür erbringen.

2. Eigene Beobachtungen.

Beobachtung 1. Am 22. August 1909 in meinem Garten in Bern an einer bei gutem Wetter sonnigen Stelle. Es gehen heftige Gewitterregen nieder.

Gestern war es noch schön und warm. Die Blüten sind hängend, trichterförmig und öffnen sich kaum etwa 5 mm weit. Die fünf Narbenschenkel spreizen stark sternförmig und sind mit Papillen besetzt, während noch keine Anthere stäubt. Die Antheren stehen in gleicher Höhe mit den Narben und sind letztern angepreßt. Sobald die Antheren stäuben, muß der Pollen direkt auf die Narbenschenkel fallen. Wir haben in diesem Fall Protogynie mit nachfolgender Autogamie.

Ich nahm einige Pflanzen in mein Studierzimmer und stellte sie dort in ein Glas mit Wasser, worauf die Antheren schon nach einer halben Stunde ihren gelben Pollen entließen.

Beobachtung 2. Was gestern nur dadurch geschah, daß die protogynen Blüten ins Zimmer genommen wurden, war heute, am 23. August, im Garten spontan erfolgt. Nämlich alle zehn Antheren, die an den sternförmig spreizenden Narbenästen anlagen, entleerten ihren Pollen auf dieselben. Dabei standen die fünf episepalen Staubgefäße etwas über den fünf epipetalen. Das Wetter hatte sich heute wieder aufgehellt; die Sonne schien. Am Morgen war indes die Temperatur nur 6° C. gewesen.

Beobachtung 3. Am 23. August 1909 im Bremgarten-Wald bei Bern: Sämtliche 10 Staubgefäße eng an die stark bogenförmig-spreizenden Narbenäste angeschmiegt und dieselben mit Pollen überschüttend. Die fünf episepalen Antheren stehen oft um Antherenlänge über den gebogenen Narbenästen, die fünf epipetalen auf der Höhe des Teilungspunktes der Narbenäste. Autogamie.

Beobachtung 4. Am 25. August 1909 abends zwischen 5 und 6 Uhr in meinem Garten an schattiger Stelle untersucht. Gestern und heute schönes warmes Wetter. Alle Antheren sind schon entleert und geschrumpft, von dunkler Farbe. Ich fand nicht eine Blüte, in der noch gefüllte Antheren vorhanden gewesen wären. Dabei spreizten die Narbenäste großbogig und waren noch frisch, so daß die Möglichkeit einer Fremdbestäubung noch vorhanden war. An andern Blüten hatten die fünf Narbenäste sich wieder aneinandergelegt und die Blumenkronblätter fielen bei leichter Erschütterung ab. Von den vertrockneten Antheren standen meistens die fünf episalen etwas über, die fünf epipetalen etwas unter dem Teilungspunkt der Narbenschenkel. Es gab aber auch Blüten, in denen alle zehn Antheren um Antherenlänge über dem Teilungspunkt standen.

Beobachtung 5. Am 28. August 1909 in meinem Garten. Gestern regnete es. Heute sehr stark bewölkt und kühl. Das Gras und die Sträucher sind noch naß vom Regen der Nacht. — Befund 8 Uhr morgens: Viele Blüten soeben aufgegangen, noch trichterförmig. Die Narbenäste spreizen sternförmig auseinander und sind schon mit, jedenfalls empfänglichen, Papillen besetzt. Alle zehn Staubgefäße stehen mit prallgefüllten, aber noch nicht stäubenden Antheren im Kreise und an die Petalen angedrückt, 2 mm von der Narbe entfernt, um dieselbe herum. — Nachmittags 1 Uhr: Die Blüten sind ganz offen, die Narbenäste spreizen nicht viel mehr wie morgens. Die fünf episepalen Staubgefäße stehen mit den stäubenden Antheren halb antherenlang über den Narbenästen in der Blütenmitte, dieselben mit Pollen überschüttend, während die fünf epipetalen Antheren noch außen an die Petalen angeschmiegt sind und nicht stäuben. Später bewegen auch sie sich gegen die Blütenmitte, bleiben aber etwas unterhalb der episepalen Antheren, doch so, daß auch sie mit dem Pollen die Narbenschenkel erreichen.

Wir konstatierten also hier zuerst Protogynie mit nachfolgender Autogamie.

Beobachtung 6. Am 29. August 1909 in meinem Garten. Wärmeres Wetter. Sonne, kein Regen. Morgens 9 Uhr: Die Narbenäste sind noch ganz aneinandergeschmiegt und spreizen auch nicht sternförmig. Die fünf inneren, d. h. episepalen Antheren stehen in der Blütenmitte, die noch geschlossene Narbe um Antherenlänge überragend und stäubend. Die fünf epipetalen Antheren haben ihre Bewegung nach innen noch nicht ausgeführt, sondern stehen noch außen vor jedem der fünf Kronblätter und stäuben auch noch nicht.

Diese Pflanzen stehen an einer besonders sonnigen Stelle des Gartens und das Wetter ist heute warm und hell. Wir konstatierten anfänglich Protandrie. Später trat Autogamie ein.

Beobachtung 7. Am 29. August 1909 in meinem Garten. Am gleichen Vormittag an schattigen Stellen untersuchte Blüten zeigten eine etwas sternförmig spreizende Narbe mit fünf episepalen stäubenden Antheren an dieselbe angeschmiegt. Hier haben wir Homogomie.

Beobachtung 8. Am 11. September 1910 in meinem Garten. Kühle Witterung, trübe. Die Narbenschenkel spreizen in großen (nach oben konvexen) Bogen zurück. Alle zehn Antheren (die fünf episepalen ein wenig über den fünf epipetalen) stehen unterhalb des Teilungspunktes der Narbenschenkel und werden von letzteren von oben her umgriffen, so daß, sobald sie stäuben, doch nach anfänglicher Protogynie nun Autogomie eintritt.

Beobachtung 9. Am 29. Juli 1911 auf dem Zwirgi (ca. 950 m über Meer) ob Meiringen. Um Gebäulichkeiten herum. Warmes, trockenes Wetter. Helle Sonne.

Befund morgens 9 Uhr: Genau, wie ihn H. Müller beschreibt, bis zu dem Stadium, wo sich die fünf epipetalen Staubgefäße zur Narbe resp. zur Blütenmitte zu bewegen beginnen und platzen. Nämlich in diesem Moment sind die fünf Narbenäste immer noch aneinandergepreßt und durchaus noch nicht höher als die Staubgefäße. Diese fünf äußern Staubgefäße führen ihre Bewegung hier oben bei 950 m erst um Mittag aus, trotz des warmen Sonnenscheins und der großen Helligkeit, und entleeren nun, gleich in der Mitte angelangt, ihren Pollen. Die fünf episepalen Antheren stehen immer noch etwas höher als die Narbe, die fünf epipetalen um Antherenlänge kürzeren Antheren etwa auf gleicher Höhe oder ein klein wenig tiefer als die Spitze der noch geschlossenen Narbe.

Um Mittag sind die fünf episepalen Antheren schon verwelkt, oder manchmal früher; gegen 2 Uhr nachmittags beginnen auch die fünf epipetalen Antheren zu stäuben. Endlich gegen 3 Uhr entfalten sich auch in kleinen Bogen die Narbenäste über die fünf inneren, längst geschrumpften und auch teils abgeblühten fünf äußern Atheren. In vielen Blüten enthalten aber die fünf epipetalen Antheren zu dieser Zeit noch Pollen, so daß nach der anfänglichen ausgesprochenen Protandrie zuletzt durch Herabkrümmen der Narbenschenkel auf die epipetalen Antheren noch Autogamie stattfinden kann, falls bis dahin keine Fremdbestäubung stattfinden kann.

Die Möglichkeit der Allogamie geht hier auf dem Zwirgi gegenüber der Müllerschen Darstellung entschieden noch einen Schritt weiter, während die Blüten, und zwar die Herbstblüten von *Geranium Robertianum* in meinem Garten mehr den Beobachtungen von Kerner und von Schulz sich nähern, resp. eine Tendenz

zur Protogynie und Homogamie mit stärkerer Betonung der Autogamie präsentieren.

Um 5 Uhr abends sind die welken Antheren auf meinem Beobachtungsposten zum größeren Teil abgefallen. Die Narbenschenkel beginnen sich wieder aneinander zu legen. Das Blühen ist zu Ende.

Als Bestäuber beobachtete ich hier Bombus spec.

Beobachtung 10. Am 30. Juli 1911 im Geißholz (ca. 800 m ü. d. Meer) bei Meiringen, an einer sehr heißen, sonnenverbrannten Stelle. Witterungscharakter: sehr trocken, warm, hell. Es hat seit vier Wochen nicht mehr geregnet. Um 10 Uhr vormittags folgender Befund: Schon alle zehn Antheren verwelkt, die fünf Narbenäste aber noch nicht entfaltet oder eben im Begriff der Spreizung und sich etwas über die abgeblühten Staubgefäße erhebend. — Hier ist also ein totaler dichogamer Zustand erreicht und die Autogamie völlig unmöglich. Wir haben zwei zeitlich streng voneinander geschiedene Blühphasen: im I. Stadium ist die Blüte nur männlich, im II. Stadium nur weiblich. Daher ist auch nur Fremdbestäubung möglich.

Beobachtung 11. Am 6. August 1911. Am oberen Reichenbachfall (ca. 850 m) bei Meiringen, an einer schattigen, auch beim heißesten Wetter stets kühlen, windgefegten und vom Wasserstaub des Falles getroffenen Stelle, wo alle Pflanzen beständig von Wasser triefen. Dort gibt es viele üppige Pflanzen von *Geranium Robertianum*, die ein außerordentlich interessantes Studienobjekt sind, da man ihre Blütenbiologie mit derjenigen anderer Pflanzen der Art, die an trockenen und wärmeren Stellen der Umgebung wachsen, sofort vergleichen kann. Der Sommer 1911 war hierzu besonders günstig.

Um 12 Uhr mittags notierte ich hier folgenden Befund: Blüten vollständig geöffnet, frisch-rosarote Kronenblätter mit drei weißen Längsstriemen. Durchmesser der Korolla 15—16 mm. Die fünf episepalen Antheren stehen in der Mitte über der Narbe, die sich zu spreizen beginnt, und stäuben erst, wenn sich die fünf Narbenäste großbogig entfaltet haben. Die fünf epipetalen Staubgefäße liegen noch draußen den Blumenkronblättern an, bewegen sich aber auch bald nach der Mitte der Blüte und legen sich den Narbenästen etwas unterhalb der episepalen Antheren dicht an, um den Pollen wie die letzteren auf die Narben abzugeben. Hier haben wir also Homogamie und Autogamie.

Um 6 Uhr abends: Die fünf inneren Antheren sind geschrumpft oder überhaupt nicht mehr vorhanden. Die Narbenschenkel großbogig entfaltet und die noch vorhandenen fünf äußeren Antheren, welche noch Pollen enthalten, sind fest an die Narbenschenkel angedrückt, und zwar an jeden Narbenast eine Anthere. Alle zehn Antheren dienen der Autogamie.

Beobachtung 12. Am 22. November 1911, in etwas geschützter Lage unter einer Tanne meines Gartens. Wetter nebelig, frostig. Großbogige Narbenäste mit angedrückten, pollenbedeckten Antheren. Homogam und autogam. — Ins Zimmer verbracht, wuchsen die Narbenäste etwas über den Bereich der Antheren hinaus.

Beobachtung 13. Am 17. Juni 1912 in meinem Garten. Es war Regenwetter vorausgegangen und die ganze Nacht hatte es noch geregnet. Die Temperatur war morgens 8 Uhr auf 9° C. hinuntergegangen.

Befund 8 Uhr morgens an sonniger Stelle: Die Blüten erst halb geöffnet; die fünf Narbenäste bilden einen kleinen Stern, der bereits Papillen trägt. Die

zehn Antheren stehen 1 mm von der Narbe entfernt im unreifen Stadium im Kreise herum, den Blütenkronblättern angeschmiegt. Wir haben zunächst Protogynie.

Um 12½ Uhr nachmittags (die Sonne scheint inzwischen wieder) Befund an denselben Blüten: alle zehn Antheren stäubend und an die sternförmige Narbe angelegt. Autogamie.

Befund an schattiger Stelle des Gartens, unter einem Apfelbaum, um 12½ Uhr nachmittags: erst die inneren fünf Antheren sind gesprungen und haben sich an die sternförmige Narbe gelegt. Die äußeren fünf Antheren liegen noch unreif den Blumenkronblättern an.

Um 4 Uhr nachmittags haben auch an den schattigsten Stellen des Gartens alle 10 Antheren ihren Pollen auf die sternförmige Narbe abgegeben, die nicht weiter spreizt, sondern im Gegenteil nach vollzogener Befruchtung ihre kurzen Äste zusammenlegt.

3. Rückblick auf die bisherigen Beobachtungen.

Vergleichen wir die Resultate meiner bisherigen Beobachtungen unter sich, so fällt uns sofort ein merkwürdiger Parallelismus der verschiedenen Blühformen bei *Geranium Robertianum* mit den verschiedenen Wettertypen und der Verschiedenheit des Standortes auf. — Bei warmem, hellem Wetter und in freier, sonniger Lage verzeichnen wir anfängliche kurze Protandrie mit nachfolgender Autogamie (Beobachtungen 6 und 9). Ja, bei sehr trockenem, warmem Wetter und in sehr sonniger Lage kann sogar vollständige Dichogamie erreicht werden, indem die Blüte anfänglich rein männlich und nach diesem Zustand rein weiblich wird, so daß sie vollständig auf Fremdbestäubung durch Insekten angewiesen ist. (Beobachtung 10.)

Ganz anders bei kühlem, regnerischem Wetter mit bewölktem Himmel und in schattiger Lage. Unter solchen Verhältnissen unterbleibt zunächst das Springen der Antheren, während die Narbenschenkel sich schon früh zu teilen beginnen und je nach der Dauer der ungünstigen Verhältnisse oft bedeutend in die Länge wachsen und sich bogenförmig oder häufig uhrfederartig zurückrollen. Wir haben zunächst Protogynie mit nachfolgender Autogamie (Beobachtungen 1, 2, 3, 8). Homogamie kann auftreten, wo nach begonnener Trübung rasch wieder gutes Wetter eintritt, so daß die Antheren rasch platzen, oder wo der Standort die nötigen Bedingungen erfüllt. (Beobachtungen 7, 11, 12).

Wetter und Standort vermögen sich oft bis zu einem gewissen Grade aufzuheben, so zwar, daß auch bei ungünstigem Wetter das Blühen an einem freien, sonst hell gelegenen Standort nicht genau nach dem Schlechtwettertypus, wie wir ihn kurz nennen wollen, erfolgt, sondern irgendwelche Abweichungen zeigt. So nehmen zum Beispiel die Narbenschenkel auch bei ungünstigem Wetter, aber in günstiger Lage meines Gartens, nicht die großbogige oder gar Uhrfederform an, sondern bleiben kurz und bilden zusammen bloß einen kleinen Stern von ca. ½ mm Durchmesser, der allerdings schon lange empfängnisfähig sein kann, bevor die Antheren sich entleeren (Protogynie mit folgender Autogamie). Siehe die

Beobachtungen 5 und 13! Andrerseits kann auch bei dem allergünstigsten Wetter, das an geeigneten Stellen sogar Dichogamie herbeizuführen vermag (Beobachtung 10), die Ungunst des Standortes allein bestimmend werden für die Form des Blühens, wie wir am Reichenbachfall gesehen haben (Beobachtung 11). Während bei dem unausgesetzt schönen und warmen Wetter des Sommers 1911 alle Geranienblüten guter Standorte um Meiringen und auch anderswo protandrisch waren, erwiesen sie sich in dem ewig feuchten, schattigen und kühlen Sturzkessel des Wasserfalles als homogam und autogam.

A. Schulz (l. c.) hat den Einfluß der Witterung und des Standortes, kurz der physikalischen Bedingungen auf das Blühen bei *Geranium Robertianum* in geringerem Umfang bereits richtig erkannt. Er hat beobachtet, daß bei heller und warmer Witterung die Blühdauer eine viel kürzere und oft schon am Abend desselben Tages beendet ist, während bei trübem, frischem und regnerischem Wetter der Vorgang über 2—3 Tage sich erstrecken kann. Er hat ferner richtig festgestellt, daß bei ungünstigem, regnerischem Wetter die Griffel resp. Narbenäste viel langsamer, aber viel bedeutender wachsen, so daß sie sich nicht selten mit mehr als einer Windung nach außen umrollen; aber er scheint die daraus hervorgehenden weiter reichenden Abänderungen im Modus des Blühens selbst übersehen zu haben. Das ist leicht erklärlich, da er seine Beobachtungen nur an einer einzigen Lokalität bei Halle machte. Und doch bedingt gerade dieses von meteorologischen Faktoren abhängige, zeitlich ungleichmäßige Wachstum von Stempeln und Staubgefäßen und die Hemmung oder Beschleunigung ihrer Bewegungen zueinander das eigentliche blütenbiologische Moment. Eben gerade deshalb vermag diese Blüte eine so große Stufenleiter zu durchlaufen — von ausgesprochenster Dichogamie über leichte Protandrie und Homogamie zur unbestrittensten Protogynie —, weil ihren Geschlechtsorganen eine erstaunliche Reaktionsfähigkeit zukommt, die auf die feinsten meteorologisch-physikalischen Einflüsse mit Abänderung ihrer Funktionen zu antworten vermag.

Den Hauptzügen nach ist daher die Darstellung Müllers in Bezug auf das Blühen von *Geranium Robertianum*, auch diejenige O. Kirschners (3), die wesentlich der Müllerschen folgt, ebenso diejenige Kerners ebenso richtig wie diejenige von A. Schulz, der über die Bewegungen der Blütenteile allerdings die genauesten Angaben macht. Jeder hat zu einer anderen Zeit, bei anderem Wetter oder an einem anderen Standort beobachtet, daher die scheinbar widersprechenden Resultate.

4. Weitere Beobachtungen und Versuche.

Unzweifelhaft begünstigt gutes, trockenes, warmes Wetter und ein ebensolcher Standort im allgemeinen die Protandrie. Die Narbenschenkel bleiben kurz, sternförmig. — Schönwettertypus.

Schlechtes, nasses, kaltes Wetter und ein ebensolcher Standort begünstigen die Protogynie. Die Narbenschenkel werden lang, bogenförmig, uhrfederförmig. Die Antheren entleeren sich spät. — Schlechtwettertypus.

Zwischen beiden Extremen gibt es Übergänge.

Um nun womöglich genauere Daten über die einzelnen Faktoren zu erhalten, welche diesen oder jenen Typus bedingen, stellten wir bei den folgenden Beobachtungen einige provisorische Messungen an, die vielleicht einen Fingerzeig für künftige Forschungen abgeben und die Blütenbiologie aus dem Bereich unzulänglicher Deutung in denjenigen des biologischen Experimentes zu erheben geeignet sind. Ich habe diesen Standpunkt des Experimentes in der Blütenbiologie schon vor 11 Jahren vertreten und das Experiment in einer blütenbiologischen Frage auch faktisch angewandt.[1])

Leider konnten die Messungen bei vorstehenden Beobachtungen viel zu wenig vergleichend und in großem Maßstab angestellt werden, um ein abschließendes Urteil zu gewinnen, aber sie zeigen den Weg, auf welchem künftig unzweideutige Resultate zu erhalten sind.

Meine Messungen erstreckten sich auf die drei Faktoren: Licht, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft. Zur Bestimmung der Lichtstärke bediente ich mich eines Photometers, und zwar Wynnes „Infallible", der als Expositionsmesser für photographische Zwecke bekannt ist. Um die sog. Aktinometerzeit zu bestimmen, schaut man mit der Uhr in der Hand, wieviel Zeit es braucht, bis das empfindliche Bromsilberpapier des Instrumentes den Ton der daneben angebrachten Standartfarbe erreicht hat. Je schneller oder langsamer dies erreicht wird, desto größer bez. desto kleiner ist die Lichtstärke an dem betreffenden Ort.

Die Luftfeuchtigkeit (relative) wurde vermittelst eines Haarhygrometers ermittelt.

Die Temperaturgrade werden nach Celsius angegeben.

Beobachtung 14. Am 18. Juni 1912 in meinem Garten. Bewölkt, Sonne als matte Scheibe erkennbar; wirft keinen Schatten. Gestern und in der Nacht hatte es nicht geregnet. Temperatur morgens 8 Uhr 11°.

a) In freier, sonst unbeschatteter Lage. Die Blüten alle ganz geöffnet. Die Narbenschenkel etwas entfaltet, bilden einen $1/2$ mm im Durchmesser haltenden Stern, die fünf episepalen Staubgefäße mit gelbem Pollen beladen, noch außen bei den epipetalen stehend und mit denselben alternierend, bewegen sich aber etwas später ziemlich rasch nach der Blütenmitte, indem sie die stäubenden Antheren an die Narbenschenkel anlegen. Erst Protogynie, dann Autogamie. Ich zähle an dieser Stelle um 8 Uhr morgens 10 Sekunden, bis der Normalton erreicht ist.

b) An stets beschatteter Stelle unter einem Apfelbaum. 8 Uhr morgens. Blüten fast alle noch trichterförmig. Narbe klein sternförmig. Alle 10 Antheren noch geschlossen, von der Narbe entfernt, im Kreise herumstehend. Protogynie. Bis der Normalton erreicht ist, braucht es 45 Sekunden.

---

[1]) Siehe No. 11 hinten im Literaturverzeichnis. — Ferner No. 1 Seite 5 ff. der betreffenden Arbeit.

Diese Blüten sind gegenüber denen unter a entschieden noch zurück. Leider wurden an den beiden Stellen keine vergleichenden Temperaturmessungen ausgeführt.

Um 1 Uhr nachmittags desselben Tages (die Sonne hatte inzwischen fast den ganzen Vormittag geschienen und es war warm geworden) waren bei a und b alle 10 Antheren geschrumpft.

Beobachtung 15. Am 19. Juni 1912 in meinem Garten. Heller, ziemlich warmer, wolkenloser Tag. Morgens 8 Uhr im Schatten unter einem Apfelbaum 15,5°. Normalton unter dem Apfelbaum in 42 Sekunden, in freier Lage in 7 Sekunden. Blüten an beiden Stellen radförmig offen, Antheren doch meistens noch alle zehn geschlossen und außen an den Petalen im Kreise stehend. Kaum an einigen Blüten hier und dort die episepalen Antheren auf dem Weg zur sternförmigen Narbe, aber noch keinen Pollen entleerend. — In der Nacht vom 18. auf den 19. Juni war starker Tau gefallen, der jedenfalls an beiden Lokalitäten die Blühphasen verzögerte.

Beobachtung 16 (Versuch). Am 19. Juni 1912. Sechs blühende, eingetopfte Exemplare von *Geranium Robertianum* waren gestern in einen dunklen Keller verbracht worden zum Vergleich. Temperatur morgens 8 Uhr im Keller 16,5°. — Die Blüten halb offen, aber die fünf inneren episepalen Antheren schon der sternförmigen Narbe angeschmiegt und sie mit Pollen überschüttend. Nachtsüber war hier begreiflicherweise kein Tau gefallen, die Temperatur über Nacht konstant geblieben. Der Mangel an Licht verhinderte die Antheren nicht, schon früh zu stäuben.

Beobachtung 17. Am 20. Juni 1912 in meinem Garten. Laue Nacht vorausgegangen. Kein Taufall. Morgens 8½ Uhr Sonne noch schwach, teilweise Wolken, aber warm. Temperatur 19,5° im Schatten.

a) In freier Lage. Normalton in 15 Sekunden. Alle zehn Antheren stäubend, an die sternförmige Narbe anliegend. Autogamie.

b) Im Schatten des Apfelbaumes. Normalton in 40 Sekunden. Meistens die fünf episepalen, häufig aber auch die fünf epipetalen Antheren an die sternförmige Narbe anliegend. — Autogamie.

Beobachtung 18 (Versuch). Am 20. Juni 1912 im Keller. Die sechs eingetopften Exemplare hatten noch immer im Dunkel gestanden. Morgens 8½ Uhr Blüten alle blaßrot, kleiner geworden; die fünf episepalen Antheren stäubend, an Narbe; die fünf epipetalen noch unreif an die Petalen geschmiegt.

Die Temperatur betrug hier nun 17°.

Beobachtung 19. Am 21. Juni 1912 im Garten. Etwas bewölkt, aber sehr warm. Schon 8½ Uhr morgens bei 20°. — Normalton unter dem Apfelbaum in 44 Sekunden, in freier Lage in 9 Sekunden.

Die Blüten an beiden Lokalitäten gleich weit vorgerückt, d. h. fünf bis zehn Antheren der sternförmigen Narbe anliegend und zum Teil schon geschrumpft. Alle Übergänge von ausgesprochener Protandrie bis Homogamie und Protogynie. Alle Antheren springen frühzeitig.

Beobachtung 20 (Versuch). Am 26. Juni 1912 im Garten. Regenwetter. Morgens 8 Uhr 14°. Alle Blüten halb offen, trichterförmig. Narben sternförmig. Alle zehn Antheren geschlossen, die fünf episepalen an die Narben geschmiegt, die fünf epipetalen draußen an die Petalen gelehnt.

a) Eine Anzahl Blüten dieses Stadiums wurden um 8 Uhr morgens ins Zimmer verbracht und in ein Glas mit Wasser gestellt. In zwei Exemplaren, die noch sehr wenig geöffnet waren, hatten sich die Narben auch noch nicht sternförmig entfaltet, sondern neigten noch zusammen. Im Zimmer herrschte eine Temperatur von 18,5° um $8^1/_2$ Uhr.

b) Eine Anzahl Blüten desselben Stadiums kam ebenfalls in einem Wasserglas in einen dunklen Schrank des betr. Zimmers zu stehen, in welchem die gleiche Temperatur von 18,5° wie im Zimmer herrschte.

Nach 2 Stunden boten die Blüten im Zimmer und im Kasten gleichen Befund, nämlich: Die Narben hatten sich alle sternförmig entfaltet und die fünf episepalen stäubenden Antheren lagen an den papillenbedeckten Narbenschenkeln. Leichte Protogynie bis Homogamie und Autogamie. Die Temperatur war inzwischen im Zimmer und Kasten auf 19° gestiegen. — Die epipetalen Antheren stäubten nach kurzer Zeit auch und bewegten sich gegen die Narbenschenkel.

Im Garten herrschte zur gleichen Zeit eine Temperatur von 15°. Die Narbenschenkel hatten sich bis um 10 Uhr sternförmig entfaltet; die fünf episepalen Antheren sind aber zum größten Teil noch unreif und noch nicht auf dem Wege zur Narbe.

Um 2 Uhr nachmittags des gleichen Tages sind die Blüten im Garten noch nicht viel weiter fortgeschritten. Die Narben sind aber vielerorts bogig geworden. Die Antheren meistens noch nicht gesprungen, da öfters Regenschauer niedergehen.

Bis um 2 Uhr nachmittags sind sowohl im freien Zimmer als im dunkeln Kasten auch die letzten Antheren gesprungen und zum Teil schon geschrumpft an die sternförmige Narbe angedrückt. — Der Entzug der Lichter (im Kasten) brachte keine Verzögerung der Blühphasen gegenüber den Blüten im hellen Zimmer zustande.

Abends 6 Uhr desselben Tages im Garten. Narben alle großbogig; die Antheren an dieselben angelegt, aber selbst jetzt noch nicht alle gesprungen.

Beobachtung 21. Am Brienzer-See zwischen Iseltwald und Bönigen an feuchter, schattiger Stelle im Gebüsch. Am 23. Juni 1912 morgens $8^1/_2$ Uhr: Temperatur 17°. Heller, wolkenloser Tag. Feuchtigkeit an der Beobachtungsstelle 62%.

Blüten radförmig geöffnet. Narben sternförmig, die noch geschlossenen zehn Antheren ziemlich überragend. Ausgesprochen protogyn.

An sonnigeren Stellen der Umgebung fünf bis zehn Antheren schon gesprungen und der sternförmigen Narbe anliegend. Homogamie und Autogamie.

Beobachtung 22. Am 23. Juni 1912 im schattigen Garten des Gr. Hotel des Alpes bei der Talstation der Reichenbachbahn nächst Meiringen.

Um 1 Uhr nachmittags: Temperatur 23° im Schatten. Relative Luftfeuchtigkeit an der Beobachtungsstelle 51%. Alle zehn Antheren (trotz der schattigen Lage) schon welk, an die sternförmige Narbe angedrückt.

Beobachtung 23. Am gleichen Tag. Am oberen Reichenbachfall an der gleichen Stelle wie 1911, in dem windgepeitschten, vom Sprühregen des niederdonnernden Falles durchfeuchteten und schattigen Sturzkessel. Um 2 Uhr nachmittags: Temperatur an dieser Stelle 16°. Luftfeuchtigkeit 66%.

Blüten ganz geöffnet; die fünf episepalen Antheren pollenbedeckt, in direkter Berührung mit den großbogigen, uhrfederartig zurückgerollten Narbenschenkeln. Die fünf epipetalen Antheren noch draußen vor den Blumenkron-

blättern stehend und geschlossen. — Es ist auf jeden Fall am Vormittag Protogynie vorausgegangen, der dann Autogamie folgte, die zu reichem Fruchtansatz führt. Fremdbestäubung durch Insekten ist hier total ausgeschlossen.

Beobachtung 24. Am gleichen Tag des 23. Juni 1912. Oberhalb des Reichenbachfalles in ziemlich sonnigerLage außerhalb des Bereichs des Sprühregens. Um 2 Uhr nachmittags: Temperatur 22° im Schatten. Luftfeuchtigkeit 56%.

Alle zehn Antheren abgeblüht und an die sternförmigen Narbenschenkel anliegend.

Beobachtung 25. Am gleichen Tage. Unten in der kleinen Ebene bei Meiringen an der Aare bei einem dichten Gebüsch. Um 3 Uhr nachmittags: Temperatur 27,2°, Luftfeuchtigkeit daselbst 48%. Narbe sternförmig; alle zehn Antheren verwelkt.

Beobachtung 26. In meinem Garten in Bern. Am 24. Juni 1912. Nach dem gestrigen, wohl heißesten Tage des Monats Juni, waren in der Nacht und am Vormittag des 24. Juni heftige, abkühlende Gewitterregen niedergegangen. Die Luft wurde sehr feucht.

Um 2 Uhr nachmittags: Temperatur 17°, Luftfeuchtigkeit 65%. Dieser plötzliche Wechsel der Witterung seit gestern hatte auf die Geranienblüten meines Gartens einen mächtigen Einfluß: auch um 2 Uhr nachmittags hatten sie sich nur halb geöffnet. Die Narbenschenkel spreizten in großen Bogen nach außen und unten und überragten die Antheren bedeutend, die jetzt noch geschlossen und von unten her den Narbenschenkeln angeschmiegt waren. Starke Protogynie.

Um 4 Uhr nachmittags stäuben die Antheren noch nicht. Erst um 6 Uhr haben sich einige Antheren entleert und bleiben den großbogigen Narben angeschmiegt.

Beobachtung 27. Am 25. Juni 1912 im Garten. Seit gestern Nachmittag nicht mehr geregnet, aber stark abgekühlt. Die Nacht war kühl gewesen. 8 Uhr morgens: Temperatur 14°. — Die genau mit Fadenzeichen markierten Blüten von gestern noch in ganz gleichem Zustand wie gestern um 6 Uhr abends, d. h. an einigen noch alle zehn Antheren geschlossen, an andern erst die fünf episepalen stäubend an den großbogigen Narbenschenkeln. Die Luftfeuchtigkeit betrug seit gestern 66%. — Die Wärme steigt im Lauf des Vormittags rasch auf 19° im Schatten und mit ihr nimmt die Luftfeuchtigkeit ab. Der heutige Tag ist hell und schön. Daher springen nun alle Antheren in den markierten Blüten rasch und um 12 Uhr mittags sind die meisten abgefallen. Das Blühen dieser Exemplare hatte 1½ Tage gedauert.

Aber auch die jungen Blüten, die erst heute Morgen sich frisch und zum erstenmal entfaltet hatten, zeigen 10 entleerte Antheren, die an die sternförmigen Narben angedrückt sind. Das Blühen hatte bei ihnen, da wieder gutes, warmes Wetter eingetreten war, nur einen halben Tag gedauert.

Beobachtung 28 (Versuch). Am 25. Juni 1912 im Zimmer. Gestern abend wurden einige Blüten, deren zehn Antheren bis 6 Uhr noch nicht gesprungen waren, ins Zimmer gebracht, wo eine Temperatur von 17° herrschte. Heute nun (Vormittag) sind alle zehn Antheren pollenbedeckt der Narbe angedrückt.

Beobachtung 29. Am 15. Juli 1912. In Pöschenried bei Lenk (ca. 1200 m). Gutes, warmes Wetter. Sonne. Ausgesprochene Protandrie um 9 Uhr morgens, indem die fünf episepalen Antheren über der noch geschlossenen Narbe

sich öffnen, bevor sie sich sternförmig teilt. Später Autogamie. Dies an offenen Stellen.

Im Schatten auch Protandrie, aber die fünf episepalen Antheren beginnen sich später über der geschlossenen Narbe zu öffnen. Die geringe Lichtstärke[1]) vermag nur eine Verzögerung, nicht aber eine Änderung der Blühphasen herbeizuführen, vorausgesetzt, daß das Wetter im allgemeinen warm ist.

Beobachtung 30. Am 21. Juli 1912 in Pöschenried. Gestern hatte es bis auf 1500 m herab geschneit. Es war kalt. Gestern abend 6 Uhr maß ich 6°.

Heute, morgens 11 Uhr, 9° an der Beobachtungsstelle. — Alle Blüten von *Geranium Robertianum* erst halb offen und noch alle zehn Antheren in unreifem Stadium. Die Narben sind spreizend. Protogynie.

Beobachtung 31. Am 22. Juli 1912 am Hohberg bei Ifigenalp, ca. 1900 m hoch, mitten im Grobschutt einer großen Schutthalde. Nach dem gestrigen schlechten Wetter auch heute noch kalte Nebel. Von 1800 m an liegt an schattigen Stellen heute noch „Neuschnee". — Alle Blüten von *Geranium Robertianum* an dieser Lokalität mit großbogigen Narbenschenkeln und angedrückten, teils stäubenden Antheren um 11 Uhr vormittags.

Beobachtung 32. Im August 1912 in meinem Garten. Der ganze Monat zeichnete sich durch häufige Niederschläge und relativ niedrige Temperaturen aus. Dementsprechend verlief das Blühen bei *Geranium Robertianum*: Häufig erfolgte das Platzen der Antheren erst nach 2—2½ Tagen, nachdem die Narbenäste sich schon lange vorher entwickelt hatten (Protogynie). Am 24. August, nachdem wieder eine Reihe von kalten Regentagen vorausgegangen war, bemerkte ich abends 6 Uhr folgendes:

Ein paar Blütenknospen hatten die grannenartigen Fortsätze der Kelchblätter zu spreizen begonnen, und zwischen ihnen sah man schon jetzt die sich sternförmig entfaltenden Narbenäste hervorgucken, die sich während den folgenden ein bis zwei Regentagen so sehr verlängerten, während die Antheren geschlossen auf höhere Temperaturen paßten, ehe sie ihren Pollen auf die Narben entleerten.

So früh beginnt also unter Umständen die Protogynie, d. h. schon in der Knospe.

5. Rückblick auf die weiteren Beobachtungen und Versuche.

So mangelhaft und gering an Zahl meine Beobachtungen und Versuche über die einzelnen, den Blühmodus bestimmenden physikalischen Faktoren noch sind, so scheint doch daraus hervorzugehen, daß zwar das Licht auf das Öffnen der Granienblüte und deren Größe einen hervorragenden Einfluß ausübt, daß aber Temperatur und Luftfeuchtigkeit das eigentliche treibende Agens für den Blühmodus ausmacht, und zwar so, daß relativ hohe Temperaturen und einhergehende geringere Feuchtigkeit der Luft ein schnelleres Entleeren der Antheren bei einem Zurückbleiben der Narben (also im extremsten Fall Protandrie), und relativ niedrige Temperaturen mit einhergehender größerer Feuchtigkeit der Luft

[1]) resp. die damit einhergehenden tieferen Temperaturen.

ein verzögertes Entleeren der Antheren und ein Vorauseilen und bedeutendes Wachstum der Narben (also Protogynie) veranlassen.

Wir können uns allgemein so ausdrücken: Ähnliche Temperaturen und entsprechende Luftfeuchtigkeit veranlassen ähnlichen Blühmodus bei *Geranium Robertianum*.

Die Beobachtung 14 scheint dem Licht in Bezug auf Verzögerung oder Beschleunigung der Antherenreife zwar eine größere Rolle einzuräumen; allein wo Schatten ist, da herrscht auch eine tiefere Temperatur, und so muß die Verzögerung in der Antherenreife bei den Blüten unter dem Apfelbaum (Beobachtung 14, b) dieser zugeschrieben werden.

Daß das Licht auf den Blühmodus nicht bestimmend einwirkt, das erhellt besonders aus den Beobachtungen und Versuchen No. 16, 18 und 20. — Obwohl die Blüten infolge des Lichtmangels im Keller (Versuch 16) erst halb offen sind, so stäuben doch schon um 8 Uhr morgens die fünf episepalen Antheren an der sternförmigen Narbe. (Weil hier im Keller nachtsüber kein Tau fiel und die Temperatur gegen draußen (Beobachtung 15) um je 1 Grad (morgens 8 Uhr) höher war.

Als dann am folgenden Tag auch im Freien die Temperatur wieder stieg (Beobachtung 17), verlief der Prozeß des Stäubens im Garten auch wieder rascher, während das Blühen im Keller (Beobachtung 18) bei 17° sich gleichblieb wie früher (Beobachtung 16).

Daß das Licht auf das Stäuben der Antheren keinen bedeutenden Einfluß ausübt, das ersehen wir auch sehr schön aus dem Versuch No. 20. Die Blüten im hellen Zimmer und diejenigen im absolut dunklen Schrank stäuben gleichzeitig, weil beiderorts gleiche Temperaturen von 18,5°, später von 19° herrschten. Dabei blieben die Narbenäste kurz, sternförmig, während sie im Garten bei 15° und häufigen Niederschlägen lang und bogenförmig wurden.

Daß relativ große Feuchtigkeit der Luft und niedrige Temperaturen das frühzeitige Springen der Antheren hemmen und das Wachstum der Narbenschenkel resp. Protogynie fördern, dafür sprechen die Beobachtungen 23, 26, 27, 31, 32 etc., wohingegen die Beobachtungen 22, 24, 25, 29 uns belehren, daß hohe Temperaturen und entsprechend geringerer Prozentgehalt an Luftfeuchtigkeit dem frühzeitigen Entleeren der Antheren Vorschub leisten und die Narben im Wachstum hindern. Diese Verhältnisse führen dann oft zu Protandrie oder je nach dem Maß und Zeit des Einwirkens dieser beiden physikalischen Faktoren zur Homogomie, ev. auch, wie wir schon früher (Beobachtung 10) gesehen haben, zu ausgesprochener Dichogamie.

Wenn die Zeit nur kurz ist, während welcher niedrige Temperatur und hohe Luftfeuchtigkeit einwirken, dann entsteht wohl oft Protogynie bei sternförmiger kleiner Narbe, da deren Äste nicht Zeit fanden, sich zu verlängern. Der gleiche protogyne Typus kann entstehen, wenn an einem relativ kühlen und feuchten Standorte die allgemeine rasche Erhöhung der Temperatur den normalen Verlauf des dortigen lokalen Blühens unterbricht. (Siehe Beobachtung 27, 21 und 22.) So waren um 1 Uhr im sehr schattigen und

feuchten Garten des Gr. Hotel des Alpes bei Meiringen schon alle zehn Antheren entleert und die Narbe klein, sternförmig, weil damals ein sehr heißer Tag war. Zu normalen Zeiten entwickeln sich dort sowohl als auch an der genannten Stelle am Brienzer-See zwischen Bönigen und Iseltwald Narben mit langen Schenkeln nach dem Schlechtwettertypus.

Das Gleiche hat unser Versuch No. 27 gezeitigt. Im Garten herrschte am Morgen des 25. Juni kühle Temperatur (14°). Die Blüten machten keine großen Fortschritte gegenüber dem vorigen Abend; nur die Narbenschenkel wurden lang. Da stieg im Laufe des Tages die Temperatur auf 19°. Sofort hatten sich die jungen Blüten, die erst heute aufsprangen, den veränderten physikalischen Bedingungen angepaßt: sie blieben bei sternförmigen, kleinen Narben, auf die sich bald die Antheren entleerten.

Das Blühen bei *Geranium Robertianum* geht also stets parallel der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit. Haben wir relativ hohe Temperaturen und geringe Feuchtigkeit der Luft, so können unter Umständen die Antheren so früh sich entleeren, daß die Narbe in ihrer Entwicklung nicht standhalten kann (Dichogamie oder doch Protandrie mit nachfolgender Autogamie) und nur ein wenig (sternförmig) spreizt. Haben wir aber niedere Temperaturen mit hohem Prozentsatz von Luftfeuchtigkeit, so öffnen sich die Antheren nicht, bis warmes Wetter eintritt, während inzwischen die Narbenschenkel wachsen und wachsen und sich oft uhrfederförmig zusammenrollen (Protogynie bei kleiner oder langer Narbe). Besonders gegen den Herbst, wo die Nächte und Schattenplätze sehr feucht sind, kann es dann vorkommen, daß die Narben schon in der Knospe sich zu teilen beginnen, wie ich vielfach in dem nassen und kalten August 1912 zu beobachten Gelegenheit hatte (Beobachtung 32).

6. Resumé und Schlussbemerkungen.

1. Die Beobachtungsergebnisse der verschiedenen Autoren gehen stark auseinander, weil jeder einseitig beobachtete.

2. Ausgedehnte Beobachtungen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten und Wetterlagen lassen der Hauptsache nach alle bisherigen Ergebnisse zu recht bestehen, trotz ihres scheinbaren Widerspruchs, denn die Blüte von *Geranium Robertianum* ist variabel.

3. Es läßt sich ein Schönwetter- und ein Schlechtwettertypus nebst ihren Übergängen erkennen. Dem Schönwettertypus entspricht ein frühzeitiges Entleeren der Antheren (Protandrie mit späterer Autogamie, in extremen Fällen sogar Dichogamie) bei kleiner sternförmiger Narbe. Das Blühen kann in einem halben Tag erledigt sein.

Dem Schlechtwettertypus entspricht ein frühes Spreizen der Narbe, sogar schon in der Knospe, und ein spätes, verzögertes Stäuben der Antheren. Die Narben-

schenkel können oft eine bedeutende Länge erreichen und rollen sich uhrfederartig zurück. (Protogynie mit nachfolgender Autogamie.) Das Blühen kann erst nach $1^1/_2$ bis 3 Tagen erledigt sein.

4. Wetterlage und Standort vermögen sich bis zu einem gewissen Grade aufzuheben, so daß an einem sehr feuchten und kühlen Standort auch bei im allgemeinen schönem Wetter der Schlechtwettertypus ausgebildet wird (Reichenbachfall etc.).

5. Um zu entscheiden, welche der drei physikalischen Faktoren: Licht, Temperatur, Feuchtigkeit der Luft den Blühmodus ganz besonders bestimmen, wurden vergleichende Messungen und Versuche eingeleitet.

6. Aus den Versuchsanstellungen und ferneren Beobachtungen scheint hervorzugehen, daß zwar das Schließen resp. Öffnen der Blüten sowie ihre Farbe und Größe der Lichtwirkung unterliegt, daß aber Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft das eigentliche treibende Agens für den Blühmodus bei *Geranium Robertianum* ausmachen und daß relativ hohe Temperaturen mit geringem Feuchtigkeitsgehalt der Luft das frühe Stäuben der Antheren veranlassen, während relativ niedrige Temperaturen mit hohem Prozentsatz an Luftfeuchtigket das Stäuben der Antheren (oft um Tage) verzögern, das Wachstum der Narbenschenkel aber begünstigen.

7. Wir stellen als Hauptergebnis aus dem Bisherigen den Satz auf: Ähnliche Temperaturen mit entsprechender relativer Feuchtigkeit der Luft veranlassen bei *Geranium Robertianum* ähnlichen Blühmodus.

Zum Schluß möchte ich einer weißblühenden Varietät des *Geranium Robertianum* L. Erwähnung tun, die mir kürzlich Herr Dr. Baumberger in Basel in zwei Herbar-Exemplaren zusandte und die er im Juni dieses Jahres in der Jura-Klus von Court ziemlich reichlich angetroffen hatte. Nach seiner Mitteilung sind die Blüten schneeweiß, die Antheren intensiv gelb. Die Laubblätter sind etwas kleiner, zierlicher, die Behaarung stärker. Die charakteristische Rotfärbung an den Stengeln und Blättern fehlte völlig.

Nach meiner Untersuchung verhält sich (soweit sich die Verhältnisse an getrockneten Exemplaren beurteilen lassen) diese weiße Varietät des *Geranium Robertianum* L. (*Geranium Robertianum* L. var. *flore albo*) blütenbiologisch anders als die *Forma typica*.

Die Antheren stehen nämlich um 2—3 mm über der (an dem Herbarmaterial) geschlossen scheinenden Narbe. An andern Blüten, wo keine Antheren mehr vorhanden sind, erscheinen dann die Narbenschenkel sehr lang. Es möchte sich hier event. um eine ausgesprochen dichogame Form mit zeitlich früher Protandrie handeln. Der Durchmesser der geöffneten Blüte beträgt 14 mm, die größte Breite der Petalen $3^1/_2$—4 mm, die Länge der ganzen Blüte

13 mm. Die Frage kann natürlich nur an frischem Material endgültig gelöst werden.

Herrn Dr. Baumberger auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank für die Übersendung dieser seltenen Rarität!

Bern, 1. September 1912.

Literaturverzeichnis.

1. Günthart, A., Prinzipien der physikalisch-kausalen Blütenbiologie. Jena (Gust. Fischer) 1910.
2. Kerner v. Marilaun, A., Pflanzenleben. 2 Bde. Leipzig u. Wien 1891.
3. Kirchner, O., Flora von Stuttgart u. Umgebung. Stuttgart (Eug. Ulmer) 1888.
4. Knuth, P., Handbuch der Blütenbiologie. Bd. II. T. 1. Leipzig (Wilh. Engelmann) 1898.
5. Knuth, R., *Geraniaceae.* (In: Das Pflanzenreich [Regni vegetabilis conspectus] von A. Engler. Leipzig (Wilh. Engelmann) 1912.)
6. Müller, H., Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. Leipzig (Wilh. Engelmann) 1873.
7. Müller, H., Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten und ihre Anpassungen an dieselben. Leipzig (Wilh. Engelmann) 1881.
8. Schulz, A., Beiträge zur Kenntnis des Blühens der einheimischen Phanerogamen. (Ber. d. Deutsch. Botan. Ges. XX. 1902.)
9. Sprengel, Chr. K., Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. (Ostwalds Klassiker d. exakten Naturwissenschaften. Bd. 48—51. Leipzig (Wilh. Engelmann) 1894.)
10. Stäger, R., Selbstbestäubung infolge Wechsels der physikalischen Bedingungen. (Natur u. Offenbarung. Münster. Bd. 56. 1910.)
11. Stäger, R., Studien über die „Saftdecke“ der Labiaten. (Natur u. Offenbarung. Münster. 1901. Bd. 47.)

Die blütenbiologischen Abänderungen bei Thlaspi rotundifolium.

Von

Rob. Stäger.

Die ältere Blütenbiologie glaubte ihre Pflicht getan zu haben, wenn sie an wenigen Blumen einer Spezies von irgend einer Lokalität das Verhältnis der Geschlechtsorgane zueinander studiert und registriert hatte. Heute kann man mit dieser Gepflogenheit sich nicht mehr zufrieden geben, seit besonders A. Günthart (1 u. 2)[1]) in seinen schönen Arbeiten gezeigt hat, daß der Blütenmechanismus nicht nach einem Schema funktioniert, sondern je nach Umständen, auch innerhalb der Art sogar, Dispositionen treffen kann. Das ist die blütenbiologische Variabilität. Die Blüte zeigt Abänderungen in ihrem sexuellen Verhalten infolge einer oft weitgehenden Reaktionsfähigkeit veränderten physikalischen Bedingungen gegenüber.[2])

Ganz besonders sind es die den Müllerschen Blumenkategorien A und A B, B und B[1] zugehörigen allotropen und hemitropen Blüten, die nicht, beziehungsweise nur halb an einen speziellen Besucherkreis von Insekten angepaßt sind, welche obgenannte Erscheinungen zeigen. Sind es gleichzeitig Alpenpflanzen, so kommen diese Eigentümlichkeiten um so lebhafter zum Ausdruck, da sie den verschiedensten und oft rasch wechselnden physikalisch-meteorologischen Faktoren unterstehen.

Eine dieser stark abändernden allotropen Alpenpflanzen ist *Thlaspi rotundifolium*, die ich an verschiedenen Stellen und unter dem Einfluß verschiedener Atmosphärilien zu untersuchen Gelegenheit hatte.

Da ihre Blüteneinrichtung schon von früheren Beobachtern studiert worden ist, so will ich zuerst deren Ergebnisse kurz anführen:

---

[1]) Nummer hinten im Literaturverzeichnis.

[2]) Siehe auch meine Arbeit über das Blühen von *Geranium Robertianum* L. etc. (No. 7 hinten im Literaturverzeichnis.)

Schulz (s. Knuth, P., Handb. der Blütenbiologie. II, 1. p. 117) fand die Blüte auf Dolomitgeröll in Tirol homogam, mit vier gleichhoch liegenden und gleichzeitig entwickelten Antheren und Narben. Die Autogamie war durch Wegdrehen der vier langen Antheren gegen die zwei kurzen unmöglich gemacht. Eine Berührung der entwickelten Narbe fand in keinem Fall statt. Die zwei kurzen Staubblätter erreichten die Narbe überhaupt nicht. — Der Nektar, der am Grunde der kurzen Staubblätter in reichlicher Menge abgesondert wurde, war 3—4 mm tief geborgen.

Kirchner (3) beschreibt die Blüteneinrichtung der ebensträußigen Abart unserer Pflanze (*Thlaspi rotundifolium* var. *corymbosum* Gay), die er am 23. August 1890 am Riffelberg bei Zermatt untersucht hatte, als protogyn und autogam.

Nach seinen Ausführungen sind die sämtlichen Antheren dieser im übrigen der Stammform sehr ähnlichen Blüte „beim Beginn des Blühens noch geschlossen und die bereits in diesem Stadium entwickelte Narbe steht in dem noch kleinen Blüteneingang, meistens tiefer, bisweilen aber auch höher als die Antheren der zwei längeren Staubblattpaare." Haben sich die Blüten dann einmal ganz ausgebreitet, „so sind die Antheren der vier längeren Staubblätter geöffnet, die der zwei kürzeren, welche seitlich etwas mehr nach außen abgespreizt sind, öffnen sich kurz nachher. — Alle Antheren springen nach innen auf und verändern ihre Lage nicht. — Die Antheren der längeren Staubblätter ragen etwas aus dem Blüteneingang hervor, die der kürzeren und die Narbe stehen in demselben. Spontane Selbstbestäubung ist in diesem Zustand wohl möglich, jedoch sind alle Antheren von der Narbe entfernt." Kirchner fand vier kleine grüne Nektarien zu je zwei beiderseits an der Basis eines kurzen Staubblattes.

Günthart (1), der die Blüte der Stammform am 10. Mai 1901 im Fröbelschen Garten in Zürich untersuchte, taxiert sie als protogyn und allogam. „Die Narbe steht bei den schon einige Zeit blühenden Exemplaren etwa in der Mitte zwischen den unteren und den oberen Antheren. Sie trägt schon früh Papillen und wird nun gehoben, bis sie um eine halbe Antherenlänge über die längeren Staubblätter und ziemlich hoch aus der Blüte herausragt. Erst jetzt beginnen diese zu stäuben. Spontane Autogamie ist hier also noch sicherer verhindert, als bei den von Schulz untersuchten Exemplaren, wo sie nur durch die Abdrehung der Staubblätter erschwert ist, wo aber beiderlei Geschlechtsorgane gleiche Länge besitzen."

Im Gegensatz zu Schulz fand Günthart vier Nektarien zwischen den kurzen Staubblättern und der Basis der längeren, „doch mehr gegen die letzteren hin" als große, nach außen ziemlich spitz vorspringende fleischige Körper. Auch stehen die vier Honigdrüsen in keiner Weise miteinander in Verbindung.

Eigene Beobachtungen.

Meine eigenen Beobachtungen an der Blüte von *Thlaspi rotundifolium* erstrecken sich auf fünf verschiedene Standorte. Zuerst untersuchte ich deren blütenbiologische Verhältnisse am Col d'Emaney, dann am Col du Jorat und am Col de Susanfe. Diese drei Punkte liegen im Unterwallis, im Gebiet der Tour Sallières, bez. der Dent du Midi und werden von der hochgelegenen Alp Salanfe (1950 m) aus leicht erreicht.

Weitere Beobachtungen an der Thlaspiblüte fanden statt am Gipfel des Faulhorns und am Rohrbachstein, beide im Berner Oberland.

1. Am Col d'Emaney, bei ca. 2400 m, am 21. Juli 1909 auf der rauhen Nordseite dieses Passes. Es hatte die ganze Zeit kaltes Wetter geherrscht mit vielen Niederschlägen. Der Schnee war (im Juli) bis auf 1800 m herab gefallen. Große Schneefelder zogen sich bei unserm Besuch noch fast bis 2000 m herab, und eisiges Schmelzwasser durchtränkte das Geröll daneben, welches trotzdem von *Thlaspi rotundifolium* in Menge überwuchert wurde. Ich machte hier folgende Beobachtungen: Die rein lilafarbenen Petalen, die kein dunkles Adernetz erkennen lassen, sind 6—7 mm lang, und zwar entfallen hiervon 4 mm auf die Nägel und 2—2½ mm auf die etwas nach außen zurückgeschlagene Platte, die 2—2½ mm breit ist. Es macht sich eine leichte Assymmetrie der Korolla dadurch geltend, daß die zwei nach dem Zentrum des Blütenstandes gekehrten Petalen etwas kleiner als die zwei nach außen gerichteten Petalen sind. Genaue Angaben hierüber macht Günthart (2) Seite 87 ff.). Am Grunde des Kelches, dessen Blätter aufrecht stehen, machen sich deutlich erkennbare flache Ausbuchtungen bemerkbar. Nektarien habe ich in keinem Fall mehr als zwei, je eines am Grunde der kleinen Staubgefäße auffinden können. Dieselben mochten durch Konfluenz von ehemals vier Nektarien entstanden sein. Doch lag ihre Hauptmasse am Grunde und hart zu beiden Seiten des kleinen Staubgefäßes und neigte nicht etwa gegen die Basis der vier großen Staubgefäße hin. Von häutigen Leisten an den großen Staubgefäßen habe ich nichts wahrnehmen können.

Die Narbe ist etwas früher reif (protogyn) als die Antheren. Die vier großen Staubgefäße ragen um halbe bis ganze Antherenlängen über den Narbenkopf hinaus und legen ihre Staubbeutel schief oder dachförmig direkt auf die Narbe, die sie mit Pollen bestreuen (Autogamie). Ja, sehr oft erreichen auch die zwei kürzeren Staubgefäße mit ihren Antheren direkt die Narbe. Von Abdrehung der vier längeren Staubgefäße gegen die zwei kürzeren ist keine Spur zu bemerken. Nein, alle sechs Antheren neigen dachig der Narbe zu und berühren sie. Aber auch ohne direkte Berührung würden sie dieselbe mit Pollen bestreuen, da sie etwas tiefer und in der Fallrichtung des Pollens gelegen ist.

Nach einem kurzen protogynen Stadium ist also ausgesprochene Autogamie vorhanden.

Um der Ungunst der Lage und des Wetters noch besser Stand zu halten, weist *Thlaspi rotundifolium* am Col d'Emaney überdies kleistogame Blüten auf, die, stecknadelkopfgroß, in der untern Partie der Infloreszenz zwischen den Stielchen der normalen Blüten sich finden und die beim näheren Zusehen einen kurzen Griffel mit sechs an die Narbe angepreßten Antheren beherbergen. Daß ihre Selbstbestäubung von Erfolg begleitet ist, beweisen die angesetzten Früchte.

2. Am Col du Jorat, bei ca. 2200 m. Am 23. Juli 1909, in Südexposition, auf trockenem, sonnendurchglühtem Kalkgeröll an einem sehr klaren und warmen Tag. Hier war der Befund ein ganz anderer[1]) als drüben am Col d'Emaney. Nämlich: die Narbe ist hier am Col du Jorat zwar auch stets früher reif als die Staubgefäße und mit den vier längeren anfänglich in gleicher Höhe, sie wächst dann aber rasch um eine halbe Antherenlänge über die letzteren hinaus. Zudem sind die vier langen Staubgefäße deutlich gegen die zwei kurzen abgedreht, so daß Selbstbestäubung verhindert ist. In manchen älteren Blüten stand zwar die Narbe nicht höher als die vier langen Staubgefäße, aber auch hier wurde die Autogamie durch die Abdrehung der langen Staubgefäße von der Narbe wirksam hintangehalten.

Wir konnten aber an diesen Thlaspiblüten vom Col du Jorat künstlich Autogamie erzielen, wenn wir die Pflanzen einen Tag an einer schattigen, kühlen Stelle des Hotelzimmers auf der Salanfe-Alp in ein Glas mit Wasser stellten. — Nektarien wie bei No. 1.

3. Am Col de Susanfe, bei ca. 2200 m, am 24. Juli 1909. (Auch auf den Moränen der Tour Sallières.) Sonniger, warmer, heller Tag. Um 10 Uhr vormittags war an den offenen Blüten die vollentwickelte Narbe immer etwas tiefer stehend als die vier großen Staubgefäße und früher reif wie diese, die gegen die zwei kürzeren Staubgefäße, noch bevor sie stäubten, abgedreht waren, so daß ihre Antheren etwa 1/2 mm von der Narbe entfernt waren. Wir konstatieren also am Anfang Protogynie und Abdrehung der vier längeren Staubgefäße, so daß Fremdbestäubung möglich, Selbstbestäubung aber gegen Ende des Blühens, oder sobald rauhes Wetter eintreten würde, nicht ausgeschlossen ist. Die Blüten am Col de Susanfe bilden somit ein Zwischenglied zwischen denen des Col d'Emaney und denen des Col du Jorat, wahrscheinlich bedingt durch das momentane warme Wetter. Bei schlechtem Wetter würden sie aber dem Typus vom Col d'Emaney am nächsten stehen.

4. Am Gipfel des Faulhorns, bei 2650 m, am 23.—24. Juli 1911, beim heißesten Wetter. Ich notierte: Durchmesser der Einzelblüte durchschnittlich 6 mm. Der Honig ist 3 mm tief geborgen und wird an der Basis der zwei kürzeren Staubgefäße abgesondert. Die knopfige Narbe ist früher reif als die Antheren und schaut aus der Knospe und halboffenen Blüte, noch bevor sie sich erschlossen hat, empfängnisfähig hervor, indem sie die noch total unreifen Antheren, die, noch an kaum 1 mm langen Filamenten sitzend im Blüteninnern verborgen sind, um 1 mm überragt.

Dieses protogyne Stadium dauert wenigstens einen Tag lang (1. Stadium). Am folgenden Tag, nachdem sich die Blüte ganz entfaltet hat, wachsen die Staubgefäße rasch, so daß die vier längeren meistens um eine halbe bis eine ganze Antherenlänge über die Narbe hinausragen und die Antheren der zwei kürzern Staubgefäße auf gleicher Höhe mit ihr stehen, ja sehr oft auch

---

[1]) Vergleiche auch Stäger, R., Selbstbestäubung infolge Wechsels der physikal. Bedingungen. No. 6 des Literaturverzeichnisses.

etwas über dieselbe hinausgehen. Dabei sind die reifen Antheren der vier längeren Staubgefäße keineswegs gegen die zwei kürzeren abgedreht, sondern neigen im Gegenteil kuppelartig oder dachig über der tiefer stehenden Narbe zusammen, so daß der Pollen direkt auf dieselbe fallen kann. Es ist also jetzt ausgesprochene Autogamie vorhanden. (II. Stadium.)

Erst an älteren Blüten mit verwelkenden Antheren und turgorlosen Korollen bemerkte ich manchmal eine gewisse Abdrehung der größeren gegen die kleineren Staubgefäße. Ich erkläre mir dies als eine Begleiterscheinung der Spannungsdifferenz in den Filamenten beim Verblühen.

Daß hier trotz des wärmsten, trockensten Wetters (es hatte seit 14 Tagen keinen Tropfen geregnet) Autogamie doch so ausgesprochen ist, muß verwundern. Vergessen wir aber nicht, daß die bedeutende Höhenlage des Standortes von 2650 m, die klimatisch im Wallis einer solchen von vielleicht 2800 m entsprechen würde, den günstigen Einfluß des Wetters aufheben kann. Auch beim schönsten Wetter sind die Nächte hier oben kalt und die Temperatur fällt häufig auf den Gefrierpunkt.

5. Am Rohrbachstein, bei ca. 2900 m, am 27. Juli 1912, auf dem Grobschutt vor dem Gipfel. Die fein duftenden Blütenstände werden von einer Vanessaart zahlreich besucht. Es ist helles, sonniges Wetter, bei heftigem Wind. Tagelang hat es vorher geregnet und tief hinunter geschneit.

Aus der halboffenen Blüte ragt die frühreife Narbe um eine halbe bis eine ganze Antherenlänge über die noch geschlossenen und tiefer liegenden Antheren hinaus. — Dann wachsen die Staubgefäße rasch in gleiche Höhe mit der Narbe oder meistens über dieselbe hinaus, und neigen alle sechs Antheren dachig gegen die Narbe, auf welche sie den Blütenstaub ausschütten. Stadium I = Protogynie; Stadium II = Autogamie.

Eine Abdrehung der größeren vier Staubgefäße findet in keinem Falle statt. Bei schlechtem Wetter ist die Blüte rein auf Autogamie angewiesen. Bei warmer Witterung findet überdies durch den zahlreichen Besuch von Schmetterlingen Kreuzung statt.

Ein Vergleich meiner Beobachtungsresultate mit denen anderer Autoren zeigt deutlich ein häufigeres Vorkommen von Selbstbestäubung bei *Thlaspi rotundifolium,* als bisher angenommen worden war. In drei bis vier von fünf Fällen konnte ich im II. Stadium Autogamie nachweisen, und zwar nicht etwa bei der Var. *corymbosum,* sondern bei der Stammform, bei der Autogamie bisher überhaupt nicht beobachtet worden zu sein scheint. Neu ist auch das Vorkommen von Kleistogamie. Betreffs der Nektarien stimme ich ziemlich mit Schulz überein.

Studieren wir die drei verschiedenen Ergebnisse von Schulz, Kirchner und Günthart und meine fünf neu hinzugekommenen genauer, so bemerken wir, daß kaum zwei miteinander vollständig übereinstimmen, sondern Grade oder Stufen der Variabilität

darstellen im Sinne eines Plus oder Minus. Schulz zum Beispiel findet zur Vermeidung der Autogamie nur die Abdrehung der vier längeren Staubgefäße vor. Im Falle Günthart wird Autogamie nicht nur durch die Abdrehung der Antheren, sondern überdies durch das Herauswachsen der Narbe aus dem Bereich der stäubenden und abgedrehten Antheren vermieden. Die Variabilität ist demnach einen Grad weiter gediehen. Ferner: Günthart weist Protogynie und Fremdbestäubung nach; am Col du Jorat bestätige ich dieselbe Erscheinung, aber am Col de Susanfe liegt die Sache schon wieder etwas anders. Ich beobachte dort auch Protogynie und Allogamie — aber gegen das Ende der Anthese muß ich Autogamie annehmen, da die Abdrehung hier nicht so energisch ist wie drüben am Col du Jorat oder bei Günthart. Dagegen bedeutet mein Fall am Col d'Emaney oder am Faulhorn oder am Rohrbachstein gegenüber dem Fall Kirchner einen Grad weiter zur Autogamie.

Kirchner schreibt: „Die Antheren der längeren Staubblätter ragen etwas aus dem Blüteneingang hervor, die der kürzeren und die Narbe stehen in demselben; spontane Selbstbestäubung ist in diesem Zustand wohl möglich, jedoch sind die Antheren von der Narbe entfernt."

In meinen genannten Fällen ist die Autogamie nicht nur „wohl möglich", sondern sie muß unter gegebenen Umständen mit Sicherheit eintreffen, da die stäubenden Antheren (oft alle sechs) direkt über der reifen Narbe eine Kuppel oder ein Dach bilden, wie des öfteren hervorgehoben wurde.

Nach dem Grad der blütenbiologischen Variabilität geordnet, würde sich folgende Reihenfolge der bisher beobachteten Fälle ergeben:

a) Schulz (Tirol, Höhe?), Homogamie und Allogamie
b) Günthart (Zürich, ca. 500 m), Protogynie und Allogamie.
c) Stäger (Col du Jorat, 2200 m), Protogynie und Allogamie.
d) Stäger (Col de Susanfe, 2200 m), Protogynie und Allogamie mit Autogamie am Schluß.
e) Kirchner (Riffelberg, ca. 2600 m), Protogynie und Autogamie möglich.
f) Stäger (Col d'Emaney, ca. 2400 m), Protogynie und ausgesprochene Autogamie.
g) Stäger (Faulhorn, 2650 m), Protogynie und ausgesprochene Autogamie.
h) Stäger (Rohrbachstein, 2900 m), Protogynie und ausgesprochene Autogamie, nebst Kreuzbefruchtung.

Aus dieser Zusammenstellung gewinnen wir auch einen Einblick in die Ursache der Abänderung. Ich habe schon früher in dieser Arbeit bei Anlaß der Schilderung meiner Beobachtung am Faulhorn betont, daß die bedeutende Höhenlage den günstigen Einfluß des Wetters aufzuheben vermöge, weil die Nächte in diesen Höhen beträchtlichen Temperaturabfall aufweisen. — Gehen wir nun die Zusammenstellung mit Hinsicht auf die Höhenangaben durch, so finden wir (Schulz kann nicht verwertet werden, weil die Höhenangabe fehlt), daß bis zu 2200 m über Meer, und dazu

bei besonnter Lage, Allogamie durch Abdrehung der vier längeren Staubblätter und Hinauswachsen der Narbe aus dem Bereich der stäubenden Antheren gewährleistet ist, daß aber in noch höheren Gebirgsregionen trotz des wärmsten Wetters bei Tag, Autogamie die Regel ist, neben der an warmen Tagen Kreuzbestäubung überdies vorkommen kann. Es liegt somit nahe, die Ursache des verschiedenen Blühens oder der blütenbiologischen Abänderung bei *Thlaspi rotundifolium* in der Änderung physikalisch-meteorologischer Faktoren zu erblicken.

Literatur.

1. Günthart, A., Beiträge zur Blütenbiologie der Cruciferen, Crassulaceen und der Gattung *Saxifraga*. (Bibliotheca Botanica. H. 58. 1902.)
2. —, Prinzipien der physikalisch-kausalen Blütenbiologie. Jena (Gustav Fischer) 1910.
3. Kirchner, O., Beiträge zur Biologie der Blüten. Stuttgart (Alfr. Müller & Co.) 1890.
4. Knuth, P., Handbuch der Blütenbiologie. Bd. II. T. 1. Leipzig (Wilh. Engelmann) 1898.
5. Schröter, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich (Alb. Raustein) 1908.
6. Stäger, R., Selbstbestäubung infolge Wechsels der physikal. Bedingungen. (Natur u. Offenbarung. Münster. Bd. 56. 1910.)
7. —, Das Blühen von *Geranium Robertianum* L. unter dem Einfluß veränderter physikalischer Bedingungen. (Beihefte z. Botan. Centralbl. Bd. XXX. Abt. I. 1912.)

Systematisch-anatomische Untersuchung des Blattes der Hydrocharitaceen.

Von

H. Solereder, Erlangen.

Mit 53 Abbildungen im Text.

Anläßlich der Bestimmung einer zur Hydrocharitaceen-Gattung *Ottelia* gehörigen Pflanze, welche aus madagaskarischen, durch August Loher zugekommenen Samen im hiesigen botanischen Garten zur Blüte gelangt war, beobachtete ich Sekretzellen (Fig. 43 u. 46—47), die durch ihre Gestalt, ihren Chlorophyllgehalt und die Art der Sekretion sich besonders auszeichneten. Dieselben haben eine ellipsoidische, hantelförmige oder kugelige Gestalt, liegen in den einzellschichtigen Scheidewänden der Interzellularräume, wölben sich mit ihren beiden Seitenflächen in die Interzellularräume hinein und bringen an der Außenseite der Seitenflächen je einen Tropfen ätherischen Öles zur Ausscheidung. Eine Umschau nach der Verbreitung dieser Sekretionsorgane, die nur noch bei der Gattung *Boottia* (Fig. 50—53) konstatiert wurden, zeigte mir, daß bei anderen Hydrocharitaceen Sekretzellen von anderer Natur vorkommen, die zum Teil schon in der Literatur erwähnt sind, Sekretzellen mit hellem, harzigem oder öligem Inhalt und verschieden gestaltete gerbsäurehaltige Sekretzellen, deren Sekret in der lebenden Pflanze hell ist und die sogenannte Lindtsche Reaktion gibt, in der getrockneten Pflanze dagegen braungefärbt ist. Die Feststellung der Sekretzellen von Gattung zu Gattung erforderte eine genaue Untersuchung des Blattes, die im Herbarmaterial recht oft wegen der vielen anhaftenden Algen und des Zusammentrocknens des interzellularreichen Blattgewebes besondere Präparationsmaßregeln notwendig machte. So dehnte sich die geplante Umschau weiter aus und es entstand die vorliegende Abhandlung. Beschäftigt mit Vorarbeiten für eine Systematische Anatomie der Monokotyledonen, wollte ich auch die Gelegenheit benützen, die Blattanatomie einer monokotylen Familie, die größtenteils submerse

Gewächse enthält, durch eigene systematische Untersuchung kennen zu lernen. Es ergaben sich hierbei auch spezielle systematische Resultate, welche namentlich in den Gattungskapiteln von *Halophila*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Ottelia* und *Hydrocharis* enthalten sind und für den künftigen Monographen der Familie von einigem Wert sein dürften.

Untersucht wurden alle Gattungen. Von *Blyxa*, *Lagarosiphon*, *Ottelia* und *Boottia* stand mir nur geringes Artmaterial zur Verfügung; die Untersuchung des gesamten nach den von mir gesichteten Verhältnissen möchte ich an dieser Stelle empfehlen. Das von mir benutzte Herbarmaterial stammt größtenteils aus dem Münchener Herbar (H. M.), dann auch aus dem hiesigen (H. E.). Material von *Elodea*-Originalien erhielt ich aus Kew und Paris, von *Lagarosiphon muscoides* aus Leipzig.

Allgemeiner Teil.

Die Hydrocharitaceen umfassen bekanntlich Süßwasser- und Meerespflanzen, deren Blätter eine verschiedene Gestalt und Größe haben, dabei entweder ganz untergetaucht bleiben oder sich ganz oder teilweise über dem Wasserspiegel erheben oder mit ihren Spreiten schwimmen. Für eine richtige Würdigung der anatomischen Struktur des Blattes für die Systematik ist es notwendig, die äußeren Gestaltungs- und die Lebensverhältnisse des Blattes zu berücksichtigen, weshalb zunächst kurz auf diese eingegangen werden muß. Einem ersten und einfachsten Blattypus gehören die untergetauchten, stiellosen, längeren oder kürzeren, einnervigen Blätter der Gattungen *Hydrilla*, *Elodea* und *Lagarosiphon* an. Ein zweiter Blattypus vereinigt die Familienangehörigen mit submersen, längeren bis sehr langen, grasblattartigen oder bandförmigen Blättern, die von mehreren Längsnerven durchzogen werden und auch Quernerven besitzen. Es sind dies zunächst die Gattungen *Vallisneria* (inkl. *Nechamandra)*, *Blyxa*, *Enalus* und *Thalassia*. Diesen schließen sich noch an *Stratiotes*, dessen Blätter zum Teil über Wasser, zum Teil in ihrer ganzen Länge oder mit dem größten Teil ihrer Länge submers sind, und bestimmte *Ottelia*- und *Boottia*-Arten[1]) mit ihren submersen bandförmigen Blättern. Der dritte Blattypus zeigt die vorgeschrittene Differenzierung in einem Blattstiel und in eine verschieden gestaltete, stets stärker in die Breite entwickelte, mit mehreren Längsnerven und gewöhnlich auch Quernerven versehenen Spreite. Dahin gehören die untergetauchten Blätter von *Halophila*[2]), die untergetauchten Blätter, sowie die Luft- und Schwimmblätter bei bestimmten *Ottelia*- und *Boottia*-Arten, die Schwimm- und Luftblätter von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*.

---

[1]) Bezüglich der Blätter von *Ottelia* und *Boottia* siehe Gürke, in Festschrift für Ascherson, Leipzig 1904, p. 534.

[2]) *H. spinulosa* Aschers. hat nach Ascherson und Gürke (15) wenigstens einen verschmälerten Spreitengrund.

Die Mehrzahl der Hydrocharitaceen hat submerse Blätter. Dementsprechend findet sich bei der größeren Zahl der Gattungen eine Reihe von Strukturverhältnissen, welche den Blättern der submersen Pflanzen überhaupt eigen sind und welche bekanntlich durch H. Schenck (13) und andere festgestellt wurden. Dahin sind zu rechnen: Der Chlorophyllgehalt der Epidermis, der übrigens als vererbter Charakter allen Hydrocharitaceen zukommt, der Mangel der Stomata, das Fehlen von typischen Tracheen in den Nervenleitbündeln, die Entwicklung großer, oft luftgangartig ausgebildeter und dann von charakteristischen „perforierten Querdiaphragmen" durchsetzter Interzellularräume, das Fehlen von Palisadengewebe und typischem Schwammgewebe, die Ausbildung des Mesophylls aus „erbreiterten, tangential gestreckten" Zellen, die meist in einschichtige, durch die Lufträume voneinander getrennte Gewebelamellen vereinigt sind, das seltene und meist auf den Blattrand beschränkte Vorkommen von Trichomen der Deckhaarform und das Fehlen von Drüsenhaaren, abgesehen von den weitverbreiteten sogenannten „Achselschüppchen", die bisweilen Schleim sezernieren. Die einfachste Blattstruktur tritt bei den Blättern des ersten Typus, sowie bei der Gattung *Halophila* entgegen, bei welchen der größte Teil des Blattes, nämlich abgesehen von der nächsten Umgebung der Nerven, nur aus den beiden Epidermisplatten besteht, die fast ausschließlich die Assimilationsarbeit besorgen. Palisadengewebe und Spaltöffnungen finden sich nur in den aus dem Wasser hervortretenden Blatteilen von *Stratiotes* und in den Luft- und Schwimmblättern des dritten Typus. Was man nach den Ausführungen von Schenck (13, p. 9), der für die meisten submersen Blätter und Stengel das Fehlen der inneren Sekretbehälter hervorhebt, nicht erwarten konnte, das ist das häufige Vorkommen von Sekretzellen, welche nur bei vier Gattungen fehlen.

Besondere anatomische Verhältnisse, welche die ganze Familie charakterisieren und von anderen monokotylen Familien unterscheiden lassen, sind nicht vorhanden. Man kann in dieser Hinsicht nur anführen, daß der oxalsaure Kalk nie in Form von typischen Raphidenbündeln ausgeschieden ist und daß, wo Stomata vorkommen, in der Regel die Schließzellenpaare an beiden Längsseiten von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet sind. Dagegen haben sich zahlreiche Strukturverhältnisse, so insbesondere die nähere Beschaffenheit der Sekretzellen und ihres Sekretes, und dann die verschiedene Ausbildung der mechanischen Elemente, welche nicht überall in Einklang mit dem mechanischen Prinzip entwickelt sind (siehe auch Sauvageau [16]), als wertvoll für die Abgrenzung der Gattungen und Arten und die Bestimmung von sterilem Material herausgestellt.

Ich gehe nun zur näheren Besprechung der Blattstruktur über und beginne mit der Epidermis. Die Gestalt der gewöhnlichen Epidermiszellen, womit die Zellen der Blattfläche, ausschließlich der am Rand und über den Nerven gelegenen verstanden sein sollen, ist verschieden. Es lassen sich in dieser Hinsicht

namentlich in der Flächenansicht annähernd isodiametrische Epidermiszellen mit geradlinigen oder mit schwach oder etwas stärker gebogenen Seitenrändern und in der Flächenansicht vierseitige, in der Längsrichtung des Blattes gestreckte und dann zumeist in dieser Richtung reihenweise angeordnete unterscheiden. Mehr oder weniger isodiametrische Epidermiszellen mit geradlinigen Seitenrändern, also polygonal in der Flächenansicht, sind bei Arten von *Halophila, Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria, Blyxa, Stratiotes, Ottelia, Boottia, Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria* beobachtet, mehr oder weniger isodiametrische mit schwach welligen Seitenrändern bei Arten von *Halophila, Ottelia, Boottia, Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria*, annähernd vierseitige und in deutliche Längsreihen angeordnete, kurz- bis langgestreckte bei Arten von *Hydrilla, Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria, Blyxa, Enalus, Thalassia* (hier fast isodiametrisch), *Stratiotes* und *Boottia*. Die vierseitigen, in Längsreihen angeordneten Epidermiszellen finden sich namentlich in den schmalen Blättern, die besonders dem Wassertypus entsprechen. Die Anordnung der Zellen in Längsreihen parallel zur Blattlänge ist mitunter auch bei Arten, deren Zellen isodiametrisch-polygonal sind (Arten von *Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria, Blyxa* und *Boottia*) oder wellige Seitenränder haben *(Ottelia Baumii)*, zu beobachten. Tief und dabei breit wellig gebuchtete Seitenränder kommen nirgends vor. Die Zellen der oberseitigen Epidermis in den Schwimm- und Luftblättern von *Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria* und in den Schwimmblättern von *Boottia Schinziana* haben kleinwellige bis kleinzackige Seitenränder, welche bei tiefer Einstellung geradlinig sind und bisweilen leistenförmige Vorsprünge in den Winkelscheiteln der Zacken zeigen. Von besonderen Verhältnissen der Epidermis sind die folgenden anzuführen. Bei *Hydrilla*, den meisten *Elodea*-Arten, *Lagarosiphon* und *Blyxa radicans* sind die Epidermiszellen der Blattunterseite in auffallender Weise nur etwa einhalbmal so breit als die oberseitigen, mitunter noch schmäler, so daß das Breitenverhältnis beider 1 : 3 ist. Die unterseitigen Zellen sind dabei mehr oder weniger stark gestreckt und machen oft den Eindruck eines mechanischen Gewebes. Eine typisch und hoch papillöse Epidermis auf beiden Blattseiten hat Balfour für die von ihm unter dem Namen *Halophila stipulacea* untersuchten Art (= *H. Balfouri* m.) angegeben. Bei bestimmten Arten von *Halophila, Elodea* und *Lagarosiphon* findet sich eine bemerkenswerte Struktur der Außenwände (Fig. 1—2). Man beobachtet in der Mitte der Außenwand in vielen oder einzelnen Epidermiszellen ein kreisförmig oder elliptisch abgegrenztes Mittelfeld, das nach der bei *Halophila* ausgeführten näheren Untersuchung von einer verdünnten Wandstelle gebildet wird. Bei *Lagarosiphon densus* sieht man zuweilen zwei einander sehr genäherte und konzentrische Kreis- oder Ellipsenlinien statt einer einzigen als Außengrenze eines körnigen Mittelfeldes. Ein ganz besonders bemerkenswertes Vorkommnis ist die faserförmige Ausbildung der am Blattrand gelegenen unterseitigen Epidermiszellen (Fig.

6—7) bei allen *Elodea*-Arten außer *E. densa* und *Najas*, deren Zugehörigkeit zu *Elodea* noch in Frage steht, und bei *Lagarosiphon muscoides* und *Schweinfurthii*. Diese Faserzellen schließen sich an die Blattkantenzellenreihe an, sind typisch prosenchymatisch, meist dickwandig und englumig, liegen zu 2—6 nebeneinander oder schieben sich wenigstens mit ihren Enden nebeneinander und erreichen bisweilen (*E. guianensis*) eine Länge von fast 1 mm. Sie erstrecken sich gewöhnlich vom Blattgrund ab den ganzen Rand hinauf bis zur Blattspitze, greifen aber um diese nicht herum. Bei *E. callitrichoides* wurde ein stellenweises Aussetzen dieser Randfasern längs des Blattrandes beobachtet; bei *E. guianensis* beginnen sie erst in einer Entfernung von $4^1/_2$—$5^1/_2$ mm von der Blattbasis. Die in Rede stehenden Randfasern hat bereits Schenck (13, p. 17) für *E. canadensis* angegeben. Mögen sie das zarte Blatt gegen Einreißen schützen, auffallend und in systematischer Beziehung bemerkenswert ist, daß *Hydrilla verticillata*, welche so oft mit *E. canadensis* verwechselt wird, diese Randfasern nicht hat, wenn auch mitunter (siehe unter *Hydrilla*) die unterseitigen Randzellen stark gestreckt und in der Flächenansicht mit den Enden nach Art des Prosenchyms ineinander gekeilt sein können. Durch langgestreckte und stärkerwandige, aber parenchymatische Randzellen auf der Blattunterseite ist auch *Halophila ovata* var. *major* ausgezeichnet. Chlorophyllkörper trifft man überall in den Zellen der beiderseitigen Epidermis an. Sie finden sich nicht nur in der Epidermis der submersen Blätter und Blatteile, sondern auch in der Epidermis der über dem Wasserspiegel hervortretenden Blätter und Blatteile von *Stratiotes*, der Schwimmblätter von *Boottia Schinziana*, der Luft- und Schwimmblätter von *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria*. Nur erscheinen sie in den nicht-submersen Blättern und Blatteilen oft weniger zahlreich und heller grüngefärbt, wie z. B. schon die Untersuchung der Epidermis in den verschiedenen Teilen eines mit seinem Ende in die Luft ragenden und sonst submersen Blattes von *Stratiotes* zeigt.

Spaltöffnungen sind nur da entwickelt, wo die Blätter nicht ausschließlich submers sind. Sie fehlen am Blatt von *Halophila*, *Hydrilla*, *Elodea*, *Lagarosiphon*, *Vallisneria*, *Blyxa*, *Enalus*, *Thalassia*, *Boottia* z. T. und *Ottelia* z. T. Sie finden sich bei *Stratiotes*, dort reichlich auf den beiden Seiten der Luftblätter und der aus dem Wasser hervorragenden oberen Blatteile, nur zu wenigen und nur an der Blattspitze in den ganz submersen Blättern, dann bei *Ottelia* vereinzelt am Blattrand augenscheinlich submerser Blätter, an den Schwimmblättern von *Boottia*, *Hydrocharis*, *Limnobium* und *Hydromystria* in großer Zahl oberseits und an den Luftblättern der drei letztgenannten Gattungen reichlich ober- wie unterseits. Der Spaltöffnungstypus ist im allgemeinen ein einheitlicher. An das Schließzellenpaar ist rechts und links eine zum Spalt parallele Nebenzelle angelagert. Abweichungen von diesem Typus, Querwände in den Nebenzellen oder gewöhnliche Nachbarzellen kommen bisweilen (siehe unter *Stratiotes* und *Ottelia*) vor. Auch die bei *Elodea* nur an den Spitzen der äußeren Perigonblätter

entwickelten, fast kreisrunden und zu zwei oder mehreren beisammenliegenden Schließzellenpaare haben keine Nebenzellen. Die Spaltöffnungen sind nicht nur in den längsgestreckten Blättern von *Stratiotes* parallel zueinander und parallel zur Längsachse des Blattes gerichtet, sondern auch in den breiterflächig entwickelten Spreiten von *Boottia Schinziana, Limnobium* und *Hydromystria* auf größere Stücke der Blattfläche hin parallel zueinander, während sie bei *Hydrocharis* mehr unregelmäßig gelagert sind. In den Luft- und Schwimmblättern von *Boottia, Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria* liegen die Stomata der Blattoberseite einzeln über den Atemhöhlen, während in den Luftblättern der drei zuletzt genannten Genera sich meist mehrere, selten einzelne Spaltöffnungen über jeder Luftkammer der unteren Mesophyllhälfte finden. Die Schließzellen haben nie stark verdickte Eisodialleisten. Die äußeren Kutikularleisten sind gut ausgebildet, die inneren, wo vorhanden, nur schwach. Ob der Spaltenverschluß überall auf der Annäherung der stark verbreiterten äußeren Kutikularleisten erfolgt, wie Haberlandt (in Flora, 1887, p. 100sqq. u. Taf. II, Fig. 6—7 u. 18) für *Limnobium Spongia* und *Hydrocharis morsus ranae* gezeigt hat, ist noch näher zu untersuchen. Hydathoden-Apparate, welche bekanntlich (siehe namentlich Minden, Beiträge zur anatom. und physiolog. Kenntnis Wasser sezernierender Organe, in Bibliotheca botanica, Heft 46, 1899, und die dort zitierte Literatur) an der Blattspitze von Wasserpflanzen nicht selten sind, kommen zunächst nach Weinrowsky (21, p. 19—20) in Form von Scheitelöffnungen („ouvertures apicales“ bei Sauvageau) bei *Stratiotes* vor, indem an den älteren Blättern das die Blattspitze bildende Haar auffällt und zuweilen auch noch benachbarte Zellen abgeworfen werden. Eine besondere Beschaffenheit der Epidermis an der rechts und links von je einem Randhaar flankierten Blattspitze ist bei sechs *Lagarosiphon*-Arten konstatiert und möglicherweise für das Genus charakteristisch; die Epidermis besteht an dieser Stelle, in direktem Anschluß an die Nervenendigung, aus einer Gruppe von abgerundeten kleineren und oft dünnwandigen Zellen, die sich hier und dort *(L. muscoides)* loszulösen beginnen. Eine ähnliche Struktur hat auch die Blattspitze von *Elodea crispa*.

Das Mesophyll zeigt rücksichtlich seiner stärkeren oder schwächeren Entwicklung, seiner Differenzierung und der Gestaltung seiner Zellen mannigfache Verschiedenheiten. Bei einer ersten Gruppe von Hydrocharitaceen, zu denen die Gattungen mit dem ersten und einfachsten Blattypus, *Hydrilla, Elodea* und *Lagarosiphon*, sowie auch die mit einer deutlichen Blattspreite versehene Gattung *Halophila* gehören, besteht der größte Teil der Blattfläche nur aus den beiden Epidermisplatten. Grundgewebe (Mesophyll) ist bei *Hydrilla, Elodea* und *Lagarosiphon* nur in dem einzigen Nerven und dessen nächster Umgebung vorhanden, die zusammen bei stärkerer Entwicklung des Mesophylls ein mehr oder weniger schmales Mittelfeld der Spreite bilden, bei *Halophila* in ähnlicher Weise in der Umgebung des Mittelnerven, außerdem in den anderen Längsnerven und den Seitennerven. Dieses Grundgewebe, Nervenbegleitgewebe

und Mesophyll, besteht aus mehr oder weniger stark in der Richtung der benachbarten Nerven gestreckten Zellen, welche parallel zu den Nerven in Reihen angeordnet sind. In den breiteren Mittelfeldern mit reichlicher entwickeltem Mesophyll verlaufen in der Richtung des einzigen Nerven, beziehungsweise des Hauptnerven, in Ein- oder Mehrzahl auf den beiden Seiten des Nerven, breitere oder schmälere Interzellulargänge, welche durch mehrzellige Querdiaphragmen oder einzelne Querzellen oder seitliche papillöse Ausstülpungen der Mesophyllzellen in den verschiedenen Niveaux der Spreite unterbrochen sind. Wo mehrere Luftgänge parallel nebeneinander verlaufen, sind sie voneinander durch Mesophyllstreifen getrennt, die nur eine Zelle breit sind. Bei *Hydrilla* beobachtete ich Mesophyll nicht überall, in Berührung mit dem medianen Leitbündelstrang 1—4 Zellreihen breit und ohne Interzellulargänge. Bei den meisten *Elodea*-Arten tritt zwischen dem Begleitgewebe des einzigen Nerven und dem zweizellschichtigen Spreitenteil ein mehr oder weniger deutlicher Interzellulargang entgegen. Bei *Lagarosiphon* schließt sich dem von Begleitgewebe umhüllten einzigen Nerv auf beiden Seiten zunächst je ein „innerer" weiter oder schmaler Interzellulargang an, dann ein nur eine Zelle breiter und ein bis zwei Zellen dicker Mesophyllstreifen und noch weiter nach außen je ein zweiter schmaler „äußerer" Interzellulargang; die Luftgänge sind nach oben und unten direkt von der Epidermis bedeckt. *Elodea crispa* und auch *Halophila ovata* schließen sich dem Lagarosiphontypus an. Balfour (10) zeichnet für die von ihm untersuchten *Halophila*-Arten rechts und links vom Hauptnerv ebenfalls je zwei und durch eine Zelle breite Grundgewebestreifen getrennte Luftgänge, dieselben aber noch beiderseits bedeckt von einer hypodermalen Mesophyllzellenschicht, was schon einen weiteren Fortschritt in der Entwicklung des Mesophylls bedeutet. Besondere Strukturverhältnisse sind noch für *Lagarosiphon* und *Halophila* anzuführen. Bei den meisten von mir geprüften *Lagarosiphon*-Arten ist das Mittelfeld, gewöhnlich rechts und links, von dem zweizellschichtigen Teil der Spreite durch Sklerenchymfaserbündel abgegrenzt, welche dem Innengewebe des Blattes angehören und in der Längsrichtung des Blattes verlaufen. Bezüglich ihres Vorkommens oder Fehlens (bei *L. madagascariensis* und bisweilen bei *L. densus*), sowie ihrer Entwicklung in der ganzen Länge der Spreite oder nur in einem Teil derselben, auf beiden Seiten oder nur auf einer Seite des Nerven wurden bisweilen schon innerhalb der Art wechselnde Verhältnisse konstatiert, die im Gattungskapitel von *Lagarosiphon* näher angeführt sind. Alle *Halophila*-Arten zeigen in der Blattfläche stellenweise einzelne oder zu wenigen in eine Reihe angeordnete, schlauchförmige und mit etwas welligen Längsrändern versehene Zellen (Fig. 3—4), welche zwischen den beiden Epidermisplatten eingeschaltet sind und wohl als Mesophyllrudimente aufgefaßt werden müssen.

An *Lagarosiphon* schließen sich in der Struktur des Mesophylls zunächst die *Blyxa*-Arten, *Boottia kunenensis* und *Vallisneria alternifolia* und weiterhin *Vallisneria spiralis*, *Enalus* und *Thalassia*

mit ihren mehr oder weniger bandförmigen und von mehreren Längsnerven durchzogenen Blättern an. Bei ihnen nimmt im Gegensatz zu den bisher besprochenen Gattungen das Mesophyll fast immer die ganze Breite des Blattes ein. Einen Anklang an *Lagarosiphon* zeigen nur noch die *Blyxa*-Arten (Fig. 16) und *Boottia kunenensis*, insofern sich bei ihnen noch eine ganz schmale Randzone an den beiden Längsseiten des Blattes lediglich aus den beiden Epidermisplatten zusammensetzt und diese in ähnlicher Weise, wie bei *Lagarosiphon*, von dem dickeren Teil der Spreite durch ein dem Innengewebe des Blattes angehörendes Sklerenchymfaserbündel geschieden wird. Diesem Randfaserbündel liegt bei *Blyxa* an der Innenseite stellenweise das Leitbündel des äußersten Längsnerven an. Bei allen oben genannten Gattungen sind die Mesophyllzellen noch in Reihen parallel zur Längsachse des Blattes angeordnet und in dieser Richtung stark bis wenig und zum Teil auch nicht gestreckt; bei ihnen allen wird das Mesophyll in derselben Richtung von schmäleren oder weiteren Luftgängen, die durch fast immer nur eine Zelle breite und eine oder mehrere Zellen dicke Mesophyllstreifen voneinander getrennt und durch schief oder quergestellte einzellschichtige „kleinperforierte Querdiaphragmen“ oder auch dickere, die Quernerven des Leitbündelsystems enthaltende Scheidewände unterbrochen sind. Bei *Blyxa octandra*, *Vallisneria alternifolia* und *Boottia kunenensis* sind die Interzellulargänge nach oben und unten direkt von der Epidermis bedeckt, während bei *Vallisneria spiralis*, *Enalus* und *Thalassia* zwischen ihnen und der beiderseitigen Epidermis eine geschlossene hypodermartige Mesophyllzellenschicht eingeschoben ist. Die genaue Untersuchung in den verschiedenen Niveaux der Blattlänge, welche wegen Schonung des Herbarmaterials nur bei *V. spiralis* vorgenommen werden konnte, zeigte, daß dort in der Nähe des Mittelnerven, namentlich im unteren Teil des Blattes, mehrere Interzellulargänge übereinander in Richtung der Blattdicke vorkommen, während nach den Blatträndern hin zuerst eine sukzessive Abnahme der Zahl bis auf einen einzigen Gang in Richtung der Blattdicke stattfindet, sodann eine sukzessive Abnahme in der Weite dieser einzigen Luftgänge, bis schließlich auf dem Blattquerschnitt kein Luftgang mehr und nur ein ein bis zwei Zellen dickes Mesophyllgewebe entgegentritt. Die erwähnten perforierten Querdiaphragmen (Fig. 8—9, 12—13, 34, 37, 38, 41—42), welche bekanntlich bei den Wasserpflanzen häufig und auch wichtige Festigungseinrichtungen sind (siehe Le Blanc, Sur les diaphragmes des canaux aérifères des plantes, in Revue gén. de Bot. XXIV, 1912, p. 232—243 u. pl. 10, sowie die dort zitierte Literatur) setzen sich aus relativ kleinen und flachen, polygonal-rundlichen bis kurzarmig-sternförmigen Zellen zusammen, welche kleine dreieckige bis größere runde Interzellularen zwischen sich nehmen, die die Perforation der Querwände verursachen. Für *Thalassia* allein ist das Vorkommen subepidermaler Sklerenchymfaserbündel[1])

---

[1]) Unter der Blattepidermis oder tiefer gelegene Sklerenchymfaserbündel zeigen nach Sauvageau (in Ann. sc. nat. Sér. 7. T. XIII. 1891. p. 103 sqq.)

charakteristisch, die aber nur in Beziehung zu den Längsnerven auftreten. Sie finden sich bei den beiden Arten der Gattung über und unter den Leitbündeln fast sämtlicher Längsnerven. Bei *Th. testudinum* sind sie auch in der Mittelrippe vorhanden, während sie dort bei *Th. Hemprichii* gewöhnlich fehlen. Bezüglich der bei *Enalus*, *Thalassia* und *Stratiotes* beobachteten kutikula-ähnlichen Auskleidungen der Interzellulargänge verweise ich kurz auf die Beschreibungen dieser Gattungen.

Die Struktur des Mesophylls in den breiteren und durchweg submersen Spreitenflächen der *Ottelia*-Arten schließt sich an die geschilderten Verhältnisse von *Vallisneria alternifolia*, die in den submersen Blättern, beziehungsweise Blatteilen von *Stratiotes* und in den dreikantigen submersen Blättern von *Boottia Aschersonia* an die von *V. spiralis* an. Bei *Ottelia* bringt es augenscheinlich die starke Flächenentwicklung der Spreite mit sich, daß das Interzellularsystem nicht mehr in Form von deutlichen Gängen entgegentritt und mit diesen auch die charakteristischen kleinperforierten Querdiaphragmen zurücktreten. Beide finden sich dagegen noch im Blattstiel (*O. alismoides*). Das ein- bis mehrschichtige Mesophyll (Fig. 44) bildet in der Flächenansicht des Blattes ein grobes oder feineres Maschennetz, dessen Maschen mitunter, namentlich in der Nachbarschaft der Nerven, noch von vierseitigen und in parallelen Reihen angeordneten, sonst aber von kleinen bis großen und mehr oder weniger polygonalen Interzellularräumen eingenommen werden, während die Wände zwischen den Interzellularen im allgemeinen nur eine Zelle breit sind. Nach oben und unten grenzen die Lufträume, gleich den Luftgängen von *V. alternifolia*, gewöhnlich direkt an die Epidermis an; nur mitunter schließen, z. B. bei *O. alismoides* in der Nähe der großen Nerven, Zellen im Anschluß an die hypodermalen Zellen der Scheidewände über den Lücken hypodermartig zusammen. Die Zellen der Scheidewände sind verschieden gestaltet; häufig sind sie parallel zur Blattfläche gestreckt. In den submersen Blatteilen von *Stratiotes* ist der Verlauf und die Verteilung der Luftgänge eine ähnliche wie bei *V. spiralis*. Als wesentlicher Unterschied ist anzuführen, daß das gleich wie dort beschaffene Mesophyllgewebe reichlicher entwickelt ist. Nur im obersten Teil des submersen Blattes sind die Luftgänge durch eine einzige Zellschicht von der Epidermis getrennt, außerdem durch ein drei oder mehr Zellen dickes Mesophyllgewebe.

Es mag an dieser Stelle gleich beigefügt sein, daß die Blätter von *Stratiotes*, welche sich mit ihren Spitzen größere oder kleinere Strecken weit über dem Wasserspiegel erheben, in diesen Teilen unter der beiderseitigen Epidermis einen dicken unregelmäßig geschichteten Gewebemantel aus mäßig gestreckten palisadenartigen Zellen entwickeln, in der Mittelebene ihres Mesophylls aber auch noch die Fortsetzungen der Luftgänge des submersen Blatteiles

---

zahlreiche *Potamogetonaceae* (A. von *Zostera*, *Phyllospadix*, *Posidonia*, *Lepilaena*, *Potamogeton* und *Cymodocea*.) Dieselben stehen aber nur bei bestimmten *Cymodocea*-Arten in Beziehung zu den Nervenleitbündeln.

(auch mit den perforierten Querdiaphragmen) in einer Reihe aufweisen. Ein solches Blatt von *Stratiotes* demonstriert aufs schönste in seinem oberen und unteren Teil den Einfluß von direktem oder diffusem Licht auf die Zellengestalt des Assimilationsgewebes.

Die oben angeführte *Boottia Aschersoniana* verhält sich analog den submersen Blatteilen von *Stratiotes.* Nur bewirkt die eigentümliche Gestalt des Blattes die kreisförmige Anordnung der Luftgänge in der Circumferenz des medianen Leitbündels. Von der Epidermis sind die Luftgänge gewöhnlich durch zwei Mesophyllzellagen getrennt. Typische perforierte Querdiaphragmen sind auch vorhanden.

Einen bifazialen Bau des Blattes besitzen endlich die Luft- und Schwimmblätter von *Boottia Schinziana* (Fig. 50), *Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria.* Unter der oberseitigen Epidermis ist bei diesen ein unregelmäßigmehrschichtiges palisadengewebeähnliches Parenchym entwickelt, das von mehr oder weniger breiten Atemhöhlen durchsetzt wird, während die untere Hälfte des Mesophylls von einem lückigen Gewebe mit großen, zuweilen bis zu drei übereinander gelagerten Interzellularräumen eingenommen wird. Die untersten und größten dieser Lufträume, die in den Schwimmblättern insbesonders als zum Schwimmen dienliche Luftkammern, in den Luftblättern als Atemhöhlen funktionieren, mit ihren dazwischen gelegenen Gewebelamellen treten bei *Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria* bei Betrachtung der Blattunterseite mit freiem Auge oder der Lupe als ein mehr oder weniger grobmaschiges Netzwerk entgegen. Dasselbe ist zuweilen *(Hydrocharis, Limnobium)*, wenn die subepidermalen Zellen Anthocyan enthalten, rot gefärbt. Die großen Interzellularräume sind voneinander durch einzellschichtige Gewebelamellen getrennt. Die Zellen dieser Gewebelamellen, sowie der das lückige Gewebe vom Palisadenparenchym trennenden Grenzschicht sind ziemlich flach, zeigen in der Flächenansicht rundliche Umrisse *(Boottia)* oder zumeist mehr oder weniger stark undulierte Seitenränder und nehmen gewöhnlich auch einige kleine dreieckige Interzellularräume zwischen sich. Die Wandzellen der hohen Luftkammern des unterseits blasig angeschwollenen Schwimmblattes von *Hydromystria* sind außerdem stark in der Richtung der Höhendimension gestreckt, in ähnlicher Weise auch die an der ebenfalls blasig ausgebildeten Blattstielinsertionsstelle gelegenen des Schwimmblattes von *Hydrocharis.* Ein besonderes Merkmal für die Schwimmblätter von *Boottia Schinziana* (Fig. 50) bildet das Vorkommen eines ganz eigenartigen, unter der oberseitigen Epidermis entwickelten, hypodermalen Gewebes, das mit anderen Zellen zusammen an dem mechanischen Gerüst des Blattes beteiligt ist. Dasselbe ist ein- bis mehrschichtig und nur durch die Atemhöhlen unterbrochen. Es besteht aus dick- und weißwandigen faserartigen Zellen, von denen ein Teil in Richtung der Blattfläche verläuft, der andere strebepfeilerartig das Blatt bis zum Gewölbe der in der unteren Blatthälfte enthaltenen Luftkammern durchsetzt. Typische perforierte Querdiaphragmen wurden

im Blattstiel des lebenden Materials von *Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria* angetroffen.

Ein kurzer Rückblick auf die Struktur des Mesophylls soll nochmals den Zusammenhang zwischen den einzelnen Typen und den sukzessiven Fortschritt in der Struktur zusammenfassen. In den submersen Blättern und Blatteilen, welche die Regel sind, fehlt das Palisadengewebe. Die Assimilationszellen des Innengewebes haben die für die submersen Blätter charakteristische „Flächenentwicklung". In den gestreckten Blättern sind sie zylindrisch, in Richtung der Blattlängsachse gestreckt und in einschichtige Gewebelamellen vereinigt. Sie nehmen in gleicher Richtung Luftgänge zwischen sich, welche durch Querdiaphragmen, zum Teil einschichtige und klein perforierte, unterbrochen sind. Bei stärkerer Flächenentwicklung des Blattes treten an Stelle der Luftgänge annähernd polygonal in der Flächenansicht umgrenzte Lufträume, die auch durch einschichtige Gewebelamellen voneinander getrennt sind. Luftgänge und Luftlücken liegen zunächst einschichtig in der Blattfläche. Bei stärkerer Entwicklung der Blattdicke liegen sie, besonders in der Nähe der Mittelrippe, zu mehreren übereinander. Luftgänge und Luftlücken grenzen zuerst noch direkt an die Epidermis; dann schiebt sich ein ein- bis mehrschichtiges dichtes Assimilationsgewebe zwischen beide. Die bifazial gebauten Schwimm- und Luftblätter besitzen in der unteren Mesophyllhälfte dasselbe lückige Parenchym mit den einzellschichtigen Wänden; oberseits hat sich Palisadengewebe entwickelt. Die zentrisch gebauten aus dem Wasser ragenden Blattspitzen von *Stratiotes* enthalten im Innern Luftgänge und unter der beiderseitigen Epidermis Palisadengewebe. Im einfachsten Blatt ist das Mesophyll nur ein- oder wenigschichtig und nur in der nächsten Umgebung des einzigen, medianen Nerven vorhanden. Dann nimmt seine Entwicklung zu, und zwar in der Fläche gegen den Rand zu und ebenso in der Dicke.

Bezüglich der Struktur der Nervenleitbündel ist vor allem hervorzuheben, daß die submersen Hydrocharitaceen gleich den anderen submersen Pflanzen die wasserleitenden Elemente reduzieren bis zum völligen Fehlen. Keine oder wenigstens keine deutlichen Tracheen finden sich in den Blättern von *Halophila, Hydrilla, Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria, Blyxa, Enalus, Thalassia, Ottelia* und *Boottia* z. T. Andeutungen von Tracheen, nämlich solche mit unvollkommenen oder stellenweise schon vollkommenen ringförmigen Verdickungen, die schon von Caspary (3. p. 439 u. Taf. XXVIII, Fig. 62—63 A u. 4, p 300—301 u. Taf. V, Fig. 45—48) für den Stengel von *Elodea canadensis* und *Hydrilla* beschrieben und abgebildet wurden, traf ich auch in den Blattnerven von *Enalus* (in den Quernerven), *Thalassia* und *Ottelia* z. T. an. Typische Spiraltracheen wurden in dem dicken dreikantigen submersen Blatt von *Boottia Aschersoniana* und im Schwimmblatt von *B. Schinziana* (aber nicht überall und weniger deutlich), bei *Stratiotes* (dort auch im ganz submersen Blatt) und in den Schwimm- und Luftblättern von *Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria*

konstatiert.[1]) Wie bei vielen anderen Monokotylen sieht man in dem Holzteil der kräftigeren Leitbündel den charakteristischen weiten oder engeren Interzellulargang, der von konvex gegen den Gang vorspringenden Zellen umgeben ist. Als mechanische Elemente treten weitlumige und schwach verdickte bis englumige und dickwandige Faserzellen auf, in größeren oder kleineren Gruppen, auf beiden Seiten des Leitbündels oder nur auf der einen, namentlich der Bastseite, nur an den größeren Leitbündeln oder auch an den kleineren. Sie kommen bei *Elodea* z. T., *Vallisneria* z. T., *Blyxa, Enalus, Thalassia* (hier nur in Berührung mit dem Mittelnervenleitbündel bei *Th. Hemprichii* und ganz vereinzelt an gleicher Stelle bei *Th. testudinum*), *Stratiotes, Ottelia* z. T., *Boottia, Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria* vor. Als mechanische Elemente, die in Beziehung zu den Leitbündeln auftreten, sind auch nochmals die schon oben besprochenen subepidermalen Faserzellengruppen von *Thalassia* anzuführen. Deutliche Parenchymscheiden in Form einer typischen Endodermis wurden nicht beobachtet; dagegen weniger deutliche z. B. bei *Stratiotes, Hydrocharis, Hydromystria* etc. Ein besonders bemerkenswertes Strukturverhältnis ist das Vorkommen von kleineren Nervenleitbündeln, welche in einem höheren Niveau, als die Mittelebene des Blattes, verlaufen, und was das wesentlichste ist, mit Rücksicht auf die Lagerung von Holz- und Bastteil verkehrt orientiert sind; ihr Holzteil liegt nach unten, ihr Bastteil nach oben. Bei *Enalus* sind zunächst, wie schon Magnus (6) und Sauvageau (16) hervorgehoben haben, die kleinen Leitbündel auf dem Blattquerschnitt ungefähr in zwei Reihen angeordnet; die eine, der Blattunterseite genäherte, enthält die normal orientierten, die obere die verkehrt orientierten Leitbündel. Da die Holzteile bei *Enalus* keine Tracheen enthalten, fußt die Annahme der inversen Struktur für die oberen kleinen Leitbündel im wesentlichen auf der Entwicklung der Sklerenchymfasern, welche den Hartbast markieren, auf der der oberen Epidermis zugekehrten Seite, während in den unteren Leitbündeln der Hartbast nach unten gekehrt ist. Diese Annahme erhält durch die Konstatierung analoger Verhältnisse für *Stratiotes,* wovon gleich die Rede sein wird, eine weitere Bestätigung. Das *Thalassia*-Blatt enthält im Gegensatz zu *Enalus* trotz der gleichen Gestaltung und derselben Einwirkung des umgebenden Mediums solche inverse Leitbündel nicht. Dagegen treten die beiden Reihen von Leitbündeln, die obere mit verkehrt orientierten, sehr deutlich bei *Stratiotes* entgegen, wo infolge des Vorkommens typischer Spiraltracheen die Erkennung des verkehrt orientierten Leitbündels keine Schwierigkeiten macht. Verkehrt orientierte kleine Leitbündel besitzen in dem unteren Teil ihrer oberen, das Palisadengewebe enthaltenden Mesophyllhälfte auch die Luft- und Schwimmblätter von *Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria,* dagegen nicht das Schwimmblatt von *Boottia Schinziana.* Für *Hydrocharis morsus ranae* ließ sich

[1]) Über die Struktur des bei *Halophila* im Blattstiel und Stengel beobachteten „central spiral or annular vessel" macht Balfour (10) keine nähere Angabe.

festellen, daß diese verkehrt orientierten Leitbündel, welche dort annähernd parallel zu den Hauptnerven verlaufen und die die Hauptnerven verbindenden Quernerven kreuzen, durch eigene Seitennerven mit den Hauptnerven in Verbindung stehen. Verkehrt orientierte Leitbündel sind bekanntlich häufig in den Blattstielen, der Blattmittelrippe und anderen stark entwickelten Rippen. Die geschilderten Verhältnisse von *Enalus* und *Stratiotes* erinnern an die Leitbündelanordnung in den Phyllodien von *Acacia*-Arten und in den schwertförmigen Spreiten der unterwärts scheidigen Blätter von *Iris*-Arten und *Acorus Calamus*. Es ist eben einfach Blattstiel- oder Blattscheidenstruktur, die aus Mangel an Platz für die Ausbreitung der Leitbündel entgegentritt. Viel bemerkenswerter sind die inversen Leitbündel in den breiten Spreiten von *Hydrocharis* etc., für die mir ein Gegenstück nicht erinnerlich ist.

Die inneren Sekretionsorgane der Hydrocharitaceen in Form von Sekretzellen waren bis jetzt ganz ungenügend gekannt und nur bei wenigen Gattungen nachgewiesen. So berichten Magnus (6) und Sauvageau (16) über die Sekretschläuche von *Enalus*, bezw. von *Thalassia*. Unvollständige Angaben über die Sekretzellen von *Vallisneria* finden sich bei J. Fr. Müller (11) und Schenck (13) und von *Stratiotes* bei Chatin (1), Schencke (17) und Kirchner, Löw und Schroeter (22). Balfour (10) hat Pigmentzellen mit braunem Inhalt in den Leitbündeln des Stengels von *Halophila* beschrieben und abgebildet. Ich konnte Sekretzellen bei allen Gattungen nachweisen mit Ausnahme von *Halophila*, *Elodea s. str.* (d. h. mit Ausschluß von *E. densa*), *Lagarosiphon* und *Hydromystria*.

Die Sekretzellen der Hydrocharitaceen verhalten sich verschieden rücksichtlich der chemischen Natur ihres Sekretes, der Gestalt und dem Ort des Vorkommens (Epidermis oder Grundgewebe und Leitbündelsystem). Nach der Beschaffenheit ihrer Sekretion lassen sie sich am besten in Sekretzellen mit öligem oder harzigem Inhalt oder doch öliger oder harziger Ausscheidung und in Sekretzellen mit gerbsäurehaltigem Inhalt ohne Rücksicht auf die morphologische Gestaltung einteilen. Bei den ersten hat das Sekret sowohl im lebenden, wie getrockneten Material eine helle, weiße oder etwas gelbliche Farbe und ist oft stark lichtbrechend. In Alkohol ist es löslich. Der sekretorische Inhalt der gerbsäurehaltigen Sekretzellen ist wohl fast überall[1]) in der lebenden Pflanze gewöhnlich auch farblos oder durch Anthocyangehalt rosafarben bis sogar blutrot, wird aber beim Trocknen der Pflanzen und ebenso bei Behandlung der Schnitte von frischem Material mit Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure oder nach nicht zu lange währender Einwirkung von Javellescher Lauge auf frische Schnitte infolge eines Oxydationsvorganges rotbraun bis braun. Eine besonders charakteristische Reaktion dieses Sekretes, welche sich aber meist nur mit dem hellen Sekret des lebenden Materials und nicht mehr mit dem rot-

[1]) Bei *Stratiotes* beobachtete ich in den Spitzen submerser lebender, in Herbstfärbung eingetretener Blätter zum Teil schon die Braunfärbung des Sekretes.

braun bis tiefbraun gefärbten des Herbarmaterials anstellen läßt, ist seine kirschrote bis purpurne Färbung mit Vanillinsalzsäure. Das positive Ergebnis dieser sogenannten Lindtschen Reaktion, welche bekanntlich zuerst Lindt zum Nachweis des Phloroglucins benutzt hat, läßt nach den Ausführungen von Hartwich und Winckel (im Archiv der Pharmazie, Bd. 242, 1904, p 462 sqq., s. auch Winckel, Über das angebliche Vorkommen des Phloroglucins in den Pflanzen, Diss. Bern, 1904) nur schließen, daß im Sekret Gerbstoffe, welche Phloroglucinderivate sind („Phloroglycotannoide" Kunz-Krause), oder möglicher Weise auch Derivate anderer Phenole oder andere aromatische Körper vorhanden sind. Mit Eisensalzlösung färbt sich das frische helle Sekret, wie das braune des trocknen Materials stets schwärzlich oder bläulich. Nach längerer Behandlung mit Javellescher Lauge hellt sich der braungewordene Inhalt des frischen, wie der braune des getrockneten allmählich auf und löst sich schließlich. Mit Rücksicht auf das Herbarmaterial, welches bei den meisten Gattungen ausschließlich vorlag, können die Sekretzellen des zweiten Typus auch kurz als „braune Sekretzellen" gegenüber den „hellen Sekretzellen" des ersten unterschieden werden. Zuweilen finden sich beide Typen der Sekretzellen, helle und braune nebeneinander, bei derselben Art.

Die hellen Sekretzellen kommen bei *Elodea densa*, den Gattungen *Blyxa*, *Ottelia* und *Boottia*, bei *Hydrocharis morsus ranae* (nicht aber bei *H. asiatica*) und *Limnobium* vor. Nach dem Ort ihres Auftretens sind zunächst die epidermalen Sekretzellen (bei *E. densa*, durchweg bei *Ottelia* und *Boottia* und bei *Hydrocharis morsus ranae*) hervorzuheben, welche in der beiderseitigen Epidermis *(E. densa, Blyxa)* oder nur der unterseitigen, auf der ganzen Blattfläche oder nur am Blattrand vorhanden sind. Bei *E. densa* sind sie gleich den anderen Epidermiszellen in der Richtung der Blattlänge gestreckt und abgesehen vom Inhalt leicht auch daran zu erkennen, daß sie mit einer etwas kleineren Fläche, als ihr Umriß bei tiefer Einstellung ist, an der Bildung der Blattoberfläche teilnehmen. Bei *Blyxa* (Fig. 16—17) sind sie in der Flächenansicht elliptisch und wenig von den gewöhnlichen Epidermiszellen verschieden oder sie treten als kleinere rundliche Idioblasten entgegen. In Form kleinerer Idioblasten von rundlichem oder eckigem Umriß finden sie sich auch bei *Ottelia* (Fig. 43 u. 48) und *Boottia* (Fig. 50), während sie bei *Hydrocharis morsus ranae* von den gewöhnlichen unterseitigen Epidermiszellen nicht oder nur in geringem Maße abweichen. Die kleineren Idioblasten sind entweder, wie gewöhnlich, mit einer kleineren Außenfläche (z. B. Fig. 16 u. unter *Ottelia*) oder aber, indem sie sich nach innen zu verschmälern, mit einer größeren Außenfläche (z. B. *Blyxa octandra* Fig. 17, *Ottelia*-Arten Fig. 48) an Bildung der Blattoberfläche beteiligt. Bei fast allen Formen der epidermalen Sekretzellen kommt es vor, daß sie zu zwei oder noch mehr in einer Reihe liegen. Bezüglich ihres Inhaltes ist noch zu bemerken, daß Chlorophyllkörper fehlen und daß das farblose Sekret sich mit Jodjodkaliumlösung gelb färbt, was ihr Auffinden in manchen Fällen ganz er-

heblich erleichtert. Mitunter, aber nicht überall, tritt auch durch Alkalien (Kalilauge oder nach kurzer Einwirkung von Javelle-scher Lauge) eine Gelbfärbung ein. Nur innerhalb der Gattung *Ottelia* konnte ich nicht überall die Natur des Sekretes feststellen. An die epidermalen hellen Sekretzellen schließen sich die hellen und idioblastenartig ausgebildeten Sekretzellen des Mesophylls an, welche bei *Ottelia, Boottia* (*B. Aschersoniana* ausgenommen) und *Limnobium* vorkommen. Es lassen sich hier zwei Untertypen unterscheiden. Dem ersten gehören die Idioblasten von *Ottelia* (Fig. 44. 46—47) und *Boottia* (Fig. 50—53) an, welche den unvollkommneren Sekrettypus darstellen, indem hier der Assimilationsapparat der Zelle vollständig erhalten ist. Sie treten nur im lückigen Blattgewebe, in den einzellschichtigen Wänden der Interzellularräume auf, haben eine kugelige oder quer-ellipsoidische oder quer-hantelförmige Gestalt und ragen mit ihren beiderseitigen freien konvexen Flächen, oft wie innere Haare, in die Interzellularräume hinein. Bezüglich ihres Zellinhaltes ist hervorzuheben, daß sie außer Plasmaschlauch und Zellkern stets Chlorophyllkörner und zuweilen auch Kristallnadeln aus Kalkoxalat enthalten, bezüglich ihrer Sekretion, daß sie nach außen, an der Außenseite ihrer konvex in die Interzellularen vordringenden Wandflächen je einen Tropfen ätherischen Öles zur Ausscheidung bringen, der abfließen kann und schließlich verharzt. An lebendem Material von *Ottelia* (näheres s. in der Gattungsbeschreibung) ließ sich feststellen, daß der Öltropfen im Protoplasma entsteht und daß das Sekret schließlich durch die Zellwand nach außen tritt. Eine subkutikulare Ausscheidung des Sekretes findet nicht statt; die Wände der Idioblasten bestehen ganz aus Zellulose. An frischen oder mit Osmiumsäure fixierten frischen Schnitten tritt das Sekret sehr schön zu beiden Seiten der Sekretzelle in Form eines Tropfens entgegen; im getrockneten Material ist an diesen Stellen eine Harzkalotte oder anders gestaltete Harzkruste zu sehen; zuweilen finden sich auch Harzkrusten infolge des Abfließens des Sekretes auch sonst an der Wandfläche der Interzellularräume. Bemerkenswert ist noch, daß die in Rede stehenden Idioblasten in der unteren, großlückigen Mesophyllhälfte des Blattes von *Boottia Schinziana* zuweilen zu zwei übereinander liegen (Fig. 53) oder durch Ausbuchtung der Längswände nach zwei oder nur einer Seite hin eine +- oder T-förmige Gestalt (Fig. 51—52) haben. Den zweiten Untertypus bilden die mit hellem Sekret erfüllten Idioblasten von *Limnobium Spongia,* die nur in den Spreiten der Luftblätter zu finden sind und durch ihre kugelige Gestalt, ihr Vorkommen in den Scheidewänden der Interzellularen, das Vordringen ihrer konvexen Seitenflächen in die Lufträume und die Ausscheidung eines öligen oder harzigen Sekretes den Idioblasten des ersten Untertypus nahestehen, andrerseits, abgesehen von der chemischen Natur ihres Sekretes, sich auch an die „braunen" Idioblasten anschließen, von denen später die Rede sein wird und die sich neben ihnen, zuweilen in direkter Nachbarschaft, in der Spreite finden. Sie enthalten keine Chlorophyllkörner und bringen in ihrem

Innern ein helles, durch Jodjodkaliumlösung und auch Alkalien sich gelb färbendes Sekret zur Ausscheidung, das schließlich die Zelle fast ganz erfüllt.

Die gerbsäurehaltigen braunen Sekretzellen haben zum Teil die Form der kugeligen Idioblasten, zum Teil nicht. Die braunen kugeligen Idioblasten kommen bei *Vallisneria* (inkl. *Nechamandra* Fig. 8 u. 10—15), *Stratiotes* (Fig. 34—36 u. 38—42), *Hydrocharis* und *Limnobium* vor. Bemerkenswert ist, daß sie bei *H. morsus ranae* nur ganz selten in der Spreite und nur in der Nähe der Ansatzstelle des Blattstiels, dagegen zahlreich im Blattstiel zu finden sind, bei *Limnobium Spongia* nur in der Spreite des Luftblattes, dagegen im Blattstiel des Luft- und des Wasserblattes. Sie liegen insbesonders in den kleinzelligen perforierten Querdiaphragmen, aber auch in den anderen einschichtigen Scheidewänden der Lufträume, sind kugelig, ellipsoidisch oder linsenförmig und ragen mit den freien Seitenflächen in die Interzellularen hinein; bei ellipsoidischer oder linsenförmiger Gestalt ist ihr größter Durchmesser parallel (*Vallisneria spiralis* Fig. 13) oder senkrecht (*Stratiotes* Fig. 41—42) zur Zellenfläche gerichtet, der sie angehören. Die ursprüngliche helle Beschaffenheit ihres Inhaltes, die nachträgliche Bräunung desselben durch Oxydation (Salpetersäure) und die Rotfärbung mit Vanillinsalzsäure konnte im lebenden Material der oben genannten vier Gattungen festgestellt werden. Bei *Stratiotes aloïdes* und *Vallisneria spiralis* sah ich in diesen Idioblasten keine Chlorophyllkörner, dagegen schwach gefärbte bisweilen bei *Hydrocharis morsus ranae*. Andere Formen der braunen Sekretzellen sind länger- bis langgestreckte Sekretschläuche (bei *Hydrilla*, *Enalus* und *Thalassia*, auch bei *Vallisneria* und *Stratiotes*, bei diesen beiden aber nur in den Nerven) und schließlich wenig oder nicht von den Nachbarzellen in der Gestalt verschiedener Sekretzellen (bei denselben Gattungen). Diese Sekretzellen gehören fast ausschließlich dem Mesophyll, den Nervenleitbündeln oder deren Begleitgewebe und nur bei *Hydrilla* auch der Epidermis an. Eine besondere Hervorhebung verdienen die außerordentlich langen, nämlich $3\frac{1}{2}$ mm und darüber langen Sekretschläuche von *Enalus*, die subepidermal über und unter den Leitbündeln in der Längsrichtung der riemenförmigen Blätter verlaufen. Ihnen stehen die oft langgestreckten und gleichgerichteten Sekretschläuche von *Thalassia Hemprichii* mit bis 700 μ Länge nahe, die sich aber häufiger tiefer innen im Mesophyll, seltener subepidermal finden. In dem getrockneten Blatt von *Enalus* und *Thalassia* machen sich diese Sekretschläuche, wie auch die kürzeren Sekretzellen, im durchfallenden Licht als braune Punkte oder Linien bemerkbar. Als undurchsichtige Punkte treten auch die braunen Sekretzellen von *Hydrilla* entgegen, welche zum Teil auch der oberseitigen Epidermis und der Randzellenreihe des Blattes angehören. Bezüglich der Verbreitung der braunen Sekretzellen bei *Hydrilla* ist auffallend, daß sie auf derselben Spreite in ungleichmäßiger Verteilung und in den Blättern desselben Sprosses in verschiedener Reichlichkeit vorkommen und auch in einem Teil der Blätter ganz fehlen können;

noch auffallender ist, daß sie sich im lebenden, von Henkel-Darmstadt bezogenen und richtig bestimmten Material weder im Blatt, noch in der Achse nachweisen ließen. Die ursprüngliche helle Farbe des Sekretes, die nachträgliche Braunfärbung und die Rotfärbung mit Vanillinsalzsäure konnte nur bei *Vallisneria* und *Stratiotes* festgestellt werden; sie sind aber nach meinem Befund am lebenden Material der Potamogetonacee *Posidonia Caulini*, die ähnliche Sekretschläuche, wie *Enalus* und *Thalassia* besitzt (näheres s. am Schluß des Abschnittes über *Enalus*), auch für diese beiden Genera und aus Analogie überhaupt auch für *Hydrilla* mehr als wahrscheinlich. Der braune Inhalt erfüllt im Herbarmaterial in der Regel die ganze Zelle. Nur in einigen Sekretzellen von *Thalassia Hemprichii* war er in Form einer hautartigen, nach innen zu mit Warzen besetzten Auskleidung der Zellmembran abgeschieden, wie dies in ähnlicher Weise und häufiger bei *Posidonia* (Fig. 24 sqq.) vorkommt. Schließlich möchte ich bezüglich der von Balfour erwähnten Pigmentzellen in den Leitbündeln des Stengels von *Halophila ovalis* und *Balfouri*, über deren nähere Gestalt dort nichts gesagt ist, anführen, daß ich die Pigmentzellen nicht im Stengel von *H. ovalis* beobachten konnte.

Zur richtigen Beurteilung der Reaktion des frischen Sekretes der „braunen" Sekretzellen mit Vanillinsalzsäure ist an dieser Stelle folgendes anzuführen. Das Reagens bewirkt auch in den anthocyanhaltigen Zellen — und Anthocyan kommt zuweilen auch in den Idioblasten vor — ähnliche Färbungen. Diese Färbungen haben gegenüber den typischen, welche zwölf Stunden und länger deutlich bleiben, keinen langen Bestand. Der rote Farbstoff geht mit hellroter Farbe in Lösung und verschwindet dann allmählich. Wie Vanillinsalzsäure wirkt im übrigen auch schon konzentrierte Salzsäure allein in gleicher Weise auf Anthocyan ein. Weiter ist zu bemerken, daß die roten Lösungen, welche durch Einwirkung von Salzsäure oder Vanillinsalzsäure auf Anthocyan entstehen, zuweilen, so in den Flächenpräparaten der Blattspreite von *Hydrocharis morsus ranae* und ebenso des Blattes von *Elodea densa* eine schöne Rosafärbung, mitunter sogar eine Blutrotfärbung des harzigen Sekretes der „hellen" Sekretzellen durch Infiltration verursachen und damit die Lindtsche Reaktion vortäuschen. Daß sich die Sache so verhält, geht schon daraus hervor, daß bei *E. densa* die epidermalen Sekretzellen nur zum Teil sich färben und daß an dünnen Flächenschnitten der Blattunterseite von *H. morsus ranae*, an welchen die subepidermale anthocyanhaltige Zellschicht angeschnitten ist, die Färbung der epidermalen Sekretzellen unterbleibt.

Hervorzuheben ist auch das Eintreten der Lindtschen Reaktion bei dem frischen Sekret der „braunen" Idioblasten von *Hydrocharis morsus ranae* und von *Limnobium Spongia* mit konzentrierter Salzsäure allein. Man muß da wohl annehmen, da bekanntlich außer Vanillin auch eine Anzahl anderer Aldehyde bei Gegenwart von Säuren und Phenolen die Rotfärbung geben, daß neben einem Phenolderivat auch eine aldehydartige Verbindung im Sekret enthalten ist.

In dem gewöhnlich rot- bis tiefbraun gefärbten Sekret des Herbarmaterials ist der Erfolg der in Rede stehenden Reaktion nicht zu erkennen. Es ist dies im getrockneten Material nur dann möglich, wenn das Sekret heller gefärbt ist, wie in den mit gelbraunem Sekret erfüllten Sekretzellen des Herbar-

materials der Luftblätter von *Limnobium Spongia* (s. auch den Abschnitt über die Sekretzellen von *Posidonia* unter *Enalus*). Ebenso gelingt die Reaktion. wie schon Hartwich. bezw. Winckel (Diss. Bern. 1904. p. 26 u. 43 sqq.) angeführt hat. in den ebenfalls mit hellbraunem Inhalt erfüllten Sekretzellen der beiden Drogen *Rhizoma Galangae* und *Rhizoma Calami*. Bezüglich des von mir näher untersuchten Sekretes der eben erwähnten zuerst von Johow (Untersuchungen über die Zellkerne in den Sekretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monokotylen. Diss. Bonn. 1880. p. 27—29) gesehenen und auch im Blatt vorkommenden. von den Nachbarzellen in der Gestalt nicht verschiedenen Sekretzellen von *Acorus Calamus* will ich hier beifügen. daß ihr in der lebenden Pflanze heller lichtbrechender Inhalt auch die anderen Reaktionen gibt. wie der Inhalt der „braunen" Sekretzellen bei den Hydrocharitaceen. eine Gelbbraunfärbung mit Dämpfen von Salpetersäure oder mit Javellescher Lauge und eine mehr oder weniger starke Schwärzung mit Eisensalzlösung. und daß ihr Protoplasmaschlauch (wenigstens in dem im Herbst gegrabenen Rhizom) im Gegensatz zu Hartwich und Winckel (im Archiv d. Pharm., Bd. 242. p. 473) auch Stärkekörner, wenn auch in geringerer Zahl. als in den gewöhnlichen Parenchymzellen. einschließt.

Abgesehen von *Alpinia* und *Acorus* ist ein positiver Erfolg der Lindtschen Reaktion überhaupt für die sogenannten Gerbstoffschläuche in der Blattepidermis der *Saxifraga*-Arten aus der Sektion *Cymbalaria* (bei *S. Huetiana* durch Raciborski, auch bei *S. Cymbalaria L.* nach eigener Untersuchung). sowie die an den Spitzen der jungen Blätter von *Heteranthera zosteraefolia* und *reniformis* (Fam. *Pontederiaceae*) vorhandenen kurzgestielten haarartigen Sekretzellen und die Idioblasten des Mesophylls von *H. zosteraefolia* (durch Minden, in Bibl. bot. H. 46. 1899. p. 12—14 u. Taf. III. Fig. 5—6) nachgewiesen. dann aber auch für die Zellen von Drüsenhaaren. insbesondere bei Wasserpflanzen. und die verschiedensten Gewebe zahlreicher Pflanzen (s. hierüber: Waage. Über das Vorkommen des Phloroglucins in der Pflanze, in den Berichten d. deutsch. bot. Gesellschaft VIII. 1890. p. 250 sqq.: Raciborski. Über die Inhaltskörper der Myriophyllumtrichome. ebendort, XI. 1893, p. 348 sqq.: 18. Schilling, l. c.).

Bezüglich der Ausscheidungsweise des oxalsauren Kalkes ist vor allem zu bemerken. daß nur kleinere Kristallformen, die das Licht deutltich oder schwach brechen oder isotrop sind, vorkommen. Typische Raphiden, die bei den Monokotylen häufig sind. fehlen, ebenso Drusen, große Einzelkristalle etc. Es finden sich nur kleine bis längere nadelförmige Kristalle, die letzteren zuweilen in undeutlichen Bündeln (*Ottelia*). kleine bis größere stabförmige Kristalle und kleine hendyoëdrische bis winzige sandartige Kristallkörper. Sie treten in der Epidermis (z. B. bei *Elodea crispa. Vallisneria alternifolia, Enalus Koenigii*) oder im Mesophyll (wie bei *Stratiotes aloides, Ottelia sp., Boottia Schinziana*) auf. Der sichere Nachweis des Kalkoxalates bereitet zuweilen. namentlich im Herbarmaterial der submersen Blätter, denen Kristallgebilde häufig anhängen. einige Schwierigkeiten; und auch im lebenden Material sind oft ursprünglich oder bei der Einwirkung der aufhellenden Javelleschen Lauge Kristallausscheidungen zu sehen. die mit oxalsaurem Kalk nicht identisch sind. Durch die bekannten Reagenzien (Salz-

säure, Essigsäure und konz. Schwefelsäure) ließ sich Kalkoxalat in den schon erwähnten Formen, worüber näheres in den Gattungsbeschreibungen einzusehen ist, bei Arten von *Elodea, Vallisneria, Enalus, Thalassia, Stratiotes, Ottelia, Boottia, Hydrocharis* und *Limnobium* feststellen.

Von Trichomen finden sich nur solche der Deckhaarform, und zwar in allen Gattungen außer *Thalassia, Hydrocharis, Limnobium* und *Hydromystria*. Sie sind einzellig (über die Ausnahme *Enalus* s. unten), kürzer oder länger, gerade oder gebogen, spitz oder stumpf und verschieden starkwandig. Fast immer sind sie auf den Blattrand beschränkt, an dem sie für sich allein oder mit benachbarten Zellen zusammen eine Wimperung oder Zähnelung verursachen. Auf der Blattfläche selbst wurden die Haare nur bei bestimmten *Halophila*-Arten beobachtet; am Blattrand hingegen bei *Halophila* z. T., *Hydrilla, Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria* z. T., *Blyxa* z. T., *Enalus, Stratiotes, Ottelia* z. T. und *Boottia* z. T. An der Sägezähnung des Blattrandes sind neben den Haaren Zellen der Randkantenzellenreihe oder der beiderseitigen Epidermis beteiligt bei Arten von *Halophila, Hydrilla, Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria, Blyxa* und *Boottia*. Die kräftigen hakig nach vorn gekrümmten Blattzähne von *Stratiotes* sind Emergenzen, da sie sich aus Haut- und Grundgewebe zusammensetzen; die Spitze des Zahnes nimmt das einzellige starkwandige Haar ein, dessen Basis von einem Kranz längsgestreckter, mit den Spitzen zuweilen fast papillös abgelöster und getüpfelter Zellen umschlossen ist. Ihnen schließen sich mit gleicher Beteiligung des Grundgewebes die kräftigen Blattzähne der *Boottia Aschersoniana* an, die von einem kurzen und breiten spitzen Haar gekrönt sind. Im Anschluß an die typischen Haare sind zunächst die Blattrandgebilde zu besprechen, die bei *Thalassia* (Fig. 31) und *Enalus* (Fig. 18—23) vorkommen. Bei *Thalassia*, wo sie nur an der Blattspitze auftreten, sind sie schon ausführlich von Magnus (6) und Sauvageau (16) beschrieben und von Magnus mit dem zutreffenden Ausdruck „Flossenzähne“ bezeichnet worden. Das Gemeinsame in der Struktur dieser Flossenzähne, welche bei *Th. testudinum* typisch ausgebildet sind, besteht darin, daß eine geringere oder größere Anzahl nebeneinander gelegener Zellen der Blattkantenzellreihe schlauchartig und mit ihrem Ende in der Richtung gegen die Blattspitze zu ausgewachsen und ihre Längswände ganz oder bis auf die freien Spitzen miteinander verwachsen sind, wozu noch kommt, das die Lumina dieser Kantenzellen sich kegelförmig nach außen verschmälern, während die Zellwand in gleichem Maß und in gleicher Richtung an Dicke zunimmt. Eine Tendenz zur Bildung solcher Flossenzähne zeigt auch der Blattrand von *Enalus Koenigii*, und zwar in seiner ganzen Länge. Ich verweise darüber am besten auf die Figuren 18—23, welche die verschiedenen Formen der Blattrandunebenheiten wiedergeben und hebe nur noch hervor, daß ausnahmsweise auch einzellige Randhaare (Fig. 18) oder selten auch ein zweizelliges (Fig. 20) vorkommen. Zum Schluß sind die sogenannten Achselschüppchen, die *Squamulae intravaginales*,

die nur trichomatische Bildungen und an der Blattbasis gelegen sind, für sehr viele Hydrocharitaceen (Arten von *Halophila, Hydrilla, Elodea, Lagarosiphon, Vallisneria, Enalus, Ottelia, Stratiotes, Hydrocharis* und *Hydromystria*) anzuführen. Auffallend ist, daß sie bei *Halophila, Hydrilla, Elodea* und *Lagarosiphon* regelmäßig in Zweizahl auftreten, dagegen zahlreich bei *Vallisneria, Enalus* und *Stratiotes*. Ihre Gestalt ist verschieden. Gewöhnlich bestehen sie aus zwei Zellagen; mehr als zweischichtig sind sie z. B. bei *Stratiotes* und *Enalus*, wo sie im Innengewebe auch Sekretzellen einschließen. In keinem Fall enthalten sie ein Leitbündel. Papillöse bis schlauchförmige Ausstülpungen der Randzellen sind an den Achselschüppchen von *Hydrilla verticillata* (auch ein gutes Kennzeichen *Elodea canadensis* gegenüber, mit ganzrandigen Schüppchen) und von *Lagarosiphon* z. T. konstatiert. Schilling (18) hat im Anschluß an eine Notiz von Goebel (in den Pflanzenbiologischen Schilderungen, II. Teil, 2. Lief., 1893, p. 233) für die Achselschüppchen von *Elodea canadensis, Vallisneria spiralis, Hydrocharis morsus ranae* und *Trianaea bogotensis* (= *Hydromystria*), gleichwie für die analogen Gebilde bei bestimmten Alismaceen und Potamogetonaceen nachgewiesen, daß sie subkutikular Schleim sezernieren. Ob dies für die Achselschüppchen aller Hydrocharitaceen zutrifft, ist nach meinen Beobachtungen fraglich. Mit Rücksicht auf die Suche nach diesen Gebilden ist mit Schilling anzugeben, daß sie mitunter, wie bei *Vallisneria* oder *Hydrocharis*, an der Basis der älteren Blätter nicht mehr zu finden sind.

Spezieller Teil.

1. Halophila.

Die Laubblätter sind länglich bis eiförmig und meist gestielt. Ihre Spreite wird von drei Hauptnerven durchzogen, von denen die seitlichen als Randnerven parallel zum Blattrand und diesem mehr oder weniger genähert, dabei stets dem Rand näher als dem Mittelnerven, verlaufen und nahe der Blattspitze sich mit dem Ende des Mittelnerven vereinigen. Dazu kommen bei den von mir geprüften Arten (*H. Beccarii* ausgenommen) Seitennerven in größerer Zahl, welche vom Mittelnerven unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel abgehen und bis zu den Randnerven reichen.

In anatomischer Hinsicht ist die Blattspreite dadurch ausgezeichnet, daß das Blattgewebe im allgemeinen nur zweischichtig ist, die gewöhnlichen Epidermiszellen auf beiden Blattseiten annähernd isodiametrisch und voneinander nicht verschieden sind, zwischen den beiden Epidermisplatten eigentümliche Schlauchzellen stellenweise eingeschaltet sind, und daß Stomata, Tracheen in den Nerven und Sekretzellen fehlen.

Das Blattgewebe besteht abgesehen von den Nerven und deren nächster Umgebung, sowie der als einzellreihig zu bezeichnenden Blattkante im allgemeinen nur aus den beiden Epidermisplatten. Spaltöffnungen fehlen. Die gewöhnlichen Epidermiszellen sind beiderseits von gleicher Beschaffenheit, in der Flächenansicht ziemlich isodiametrisch. Ihre Seitenränder sind bei *H. ovalis* und *stipulacea* gewellt, bei *H. Aschersonii* und *Beccarii* gerade. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt 27 μ bei *H. Beccarii*, 45 μ bei *H. ovalis*, 54 μ bei *H. stipulacea*, 66 μ bei *H. Aschersonii*, 70 μ bei *H. ovalis β major*; die Zellen sind sohin klein bis mittelgroß. Am Blattrand und über den Nerven ist gewöhnlich eine mehr oder weniger starke Streckung der Zellen in der Längsrichtung der Spreite wahrzunehmen; auch treten dort meist geradlinige Seitenränder an Stelle der gewellten. Die relativ großen Blätter von *Halophila ovalis β major* sind mit einer besonderen Festigungseinrichtung am Rande versehen, indem die Randzellenreihe und auch die ihr zunächst gelagerten Zellreihen der Blattfläche außerordentlich langgestreckte und dickwandige Zellen aufweisen; die Länge beträgt nicht selten 540—700 μ, während sie sonst bei *H. ovalis* nur ausnahmsweise 80 μ erreicht. Besonders bemerkenswert ist eine eigentümliche Struktur an der Außenwand der Epidermiszellen, Fig. 1—2, welche ich bei *H. Aschersonii*, *Beccarii* und *ovalis* bald auf größeren Teilen der Blattfläche und sozusagen an jeder Zelle oder aber nur vereinzelt, auf beiden Blattseiten oder nur auf einer, antraf. In der Flächenansicht zeigt die Mitte der Außenwand eine kreisrund oder elliptisch abgegrenzte Stelle, welche sich nach der näheren Untersuchung bei *H. ovalis* auf eine verdünnte Wandstelle zurückführen läßt. Möglich ist, daß durch die Präparation des Herbarmaterials, das mir ausschließlich zu Gebote stand, dieses Strukturverhältnis, für das ich zunächst keine physiologische Deutung zu geben vermag, oft undeutlich oder ganz verwischt wird. Von Trichomen finden sich nur kürzere und längere einzellige, spitze, ziemlich dickwandige Deckhaare am Blattrand, bei *H. stipulacea* reichlich auch auf den beiden Blattflächen; bei *H. ovalis* fehlen sie. Nicht lange kegelförmige Haare bewirken zusammen mit benachbarten Zellen bei *H. Aschersonii* die Sägezähnung des Blattrandes. Bei *H. Beccarii* fand ich rechts und links von der abgerundeten Blattspitze nur je ein Deckhaar am Blattrand. Beim Schimper'schen Material von *H. stipulacea* sind die Trichome der Blattfläche oft ziemlich lang (bis 250 μ), beim Schweinfurth'schen häufig an der Basis bauchig verbreitert; die Randhaare sind beim Material von Schweinfurth kurz und breit, viel länger aber auch breit beim Material von Schimper. Ein weiteres interessantes und bisher in der Literatur noch nicht erwähntes Vorkommnis sind die schon oben angeführten schlauchförmigen Zellen (Fig. 3—4), die bei allen Arten konstatiert wurden. Sie verlaufen für gewöhnlich unabhängig vom Nervengewebe. Meist sind sie schmal und ziemlich langgestreckt, ihre Längswände und Enden unregelmäßig ausgebuchtet. Bei *H. ovalis* maß ich 60—100 μ und darüber lange bei 15 μ Dicke, bei *H. sti-*

pulacea sogar einmal einen 240 μ langen. Ob die Zellen einen besonderen Inhalt führen, konnte ich nicht feststellen. Bei *H. Beccarii* sah ihr Inhalt in den mit Javellescher Lauge gebleichten Blattflächenstücken sekretähnlich aus; jedenfalls ist er im getrockneten Material nie braungefärbt. Die in Rede stehenden Schlauchzellen liegen entweder einzeln, so in der Regel bei *H. Aschersonii* und *Beccarii*, oder in Reihen zu 2—6, so namentlich bei *H. ovalis*. Die Zellen und Zellenzüge verlaufen dabei gewöhnlich entweder ungefähr in der Richtung der Seitennerven (*H. ovalis* u. *stipulacea*) oder annähernd in der Richtung der Hauptnerven (*H. Aschersonii*, *Beccarii* und *ovalis β major*). Bei *H. ovalis β major* traf ich inmitten einer Nervenmasche auch Komplexe von drei etwas breiteren Zellen, von denen zwei mit ihren Längsseiten nebeneinander gelagert

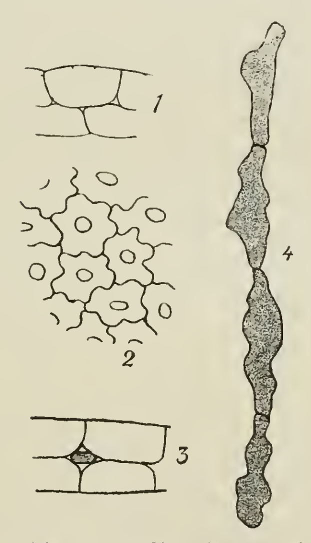


Fig. 1—4. *Halophila ovalis*.

Fig. 1—2. Epidermiszellen mit den verdünnten Wandstellen der Außenwand, im Querschnitt (1) und in der Flächenansicht (2). Fig. 3—4. Schlauchzellen, im Blattquerschnitt (3) und in der Flächenansicht (4).

waren, während die Dritte in der Längsrichtung sich anschloß, sodann auch einen gleichbeschaffenen Zellenzug, der direkt wie ein reduzierter Seitennerv zweiter Ordnung mit seinem zwei Zellen breiten Teil von dem Gewebe eines Seitennerven ausging. Aus diesen Beobachtungen möchte man schließen, daß die Schlauchzellen Rudimente eines Mesophylls sind. Das Mesophyll ist bei *H. ovalis* in der Umgebung der Mittelrippe ziemlich stark entwickelt, 1—4 Zellen dick; die Zellen sind in der Richtung des Nerven gestreckt und in Reihen angeordnet; rechts und links vom Leitbündel ist namentlich je ein weiter Interzellulargang zu sehen. Bei dem kleinen Blatt von *H. Beccarii* erkennt man in der Flächenansicht in Berührung mit dem Leit-

bündel des Hauptnerven je eine Zellenreihe aus langgestreckten Zellen und davon getrennt durch einen von Querzellen unterbrochenen Interzellulargang eine zweite gleich beschaffene Zellenreihe. Die Haupt- und Seitennerven enthalten in ihren Leitbündeln keine trachealen Elemente. Kleinere, meist breitere und kurze stabförmige doppeltbrechende Kristallkörper wurden bei bestimmten Arten, wie *H. ovalis*, nicht spärlich, aber in unregelmäßiger Verbreitung beobachtet.

In der Literatur finden sich Angaben über die Blattanatomie von *H. ovalis* und einer als *H. stipulacea* bezeichneten Art bei Balfour (10, p. 311—316 und pl. X—XI), von *H. Baillonii* Aschers. bei Holm (12, p. 13—15 und pl. II) und von *H. ovalis* und *spinulosa* Aschers. bei Sauvageau (16, p. 293—294)[1]. Aus diesen ist zur Ergänzung der obigen folgendes hervorzuheben. Auch bei *H. Baillonii* und *spinulosa* ist das Blattgewebe im allgemeinen zweischichtig. Die Seitenränder der Epidermiszellen sind bei *H. Baillonii* gerade, bei *H. spinulosa* gewellt. *H. stipulacea* Balfour besitzt auf beiden Blattseiten hohe papillöse Epidermiszellen (10, Fig. 21 auf pl. X); die ganzen Außenwände sind zu abgerundeten Papillen vorgewölbt, die Seitenränder gerade. Bei *H. Baillonii* tragen beide Blattseiten längere, gerade oder gebogene einzellige Haare, ebenso der Blattrand, wo die Haare mit benachbarten Randzellen zusammen eine schwache Sägezähnung bewirken. Einen gezähnelten Blattrand hat nach den Diagnosen auch *H. spinulosa*. Nur in den Leitbündeln des jungen Blattstiels von *H. ovalis* hat Balfour ein „central spiral or annular vessel" angetroffen. Von besonderem Interesse ist die Angabe von Balfour (10, p. 309 u. pl. IX) über das Vorkommen von Pigmentzellen mit braunem Inhalt in den Stengelleitbündeln von *H. ovalis* und *stipulacea* Balf. Balfour bezieht dieselben auf die auch in anderen Wasserpflanzen nicht selten auftretenden braunen Sekretzellen, sagt aber nichts über ihre nähere, etwa schlauchförmige Gestalt. In dem von mir geprüften Stengelmaterial von *H. ovalis* habe ich sie nicht gesehen. Schließlich sollen noch die Achselschüppchen erwähnt sein, die in Zweizahl an der Blattbasis vorkommen und bei den von Balfour und Holm untersuchten Arten zweizellschichtige flächenartige Gebilde und anscheinend ohne sekretorische Funktion sind.

Ich komme nun noch auf das Balfoursche Material von *H. stipulacea* in systematischer Hinsicht zu sprechen. Dasselbe wurde von Balfour als Mitglied der Venusdurchgang-Expedition 1874 auf der Maskareneninsel Rodriguez gesammelt und ist sowohl im Bericht über die Aufsammlung dieser Expedition

[1] In wieweit Ostenfeld (in Botanisk Tidsskrift, 24. Binds, 3 Hefte, 1902, p. 260—261 seine mit *H. Baillonii* nächst verwandte *H. decipiens* anatomisch geprüft hat, geht aus seinen Angaben nicht ganz deutlich hervor. Ostenfeld gedenkt der anatomischen Untersuchung von *H. Baillonii* durch Holm und sagt ausdrücklich, daß der Hauptunterschied der siamesischen *H. decipiens* gegenüber der westindischen *H. Bailloni* nur darin besteht, daß die kurzen Haare auf der Blattfläche von *H. decipiens* fehlen.

(Vol. 168, Extra Volume der Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1879, p. 382), wie auch in Baker, Flora of Mauritius and the Seychelles, 1877, p. 394 unter *H. stipulacea* Aschers. angeführt. Aus den Angaben, welche Balfour über die Blattstruktur dieser Pflanzen macht (hohe papillöse Epidermiszellen beiderseits und Haare nicht auf der Blattfläche, sondern nur am Blattrand, dort mit Randzellen zusammen Sägezähne bildend), geht unter Berücksichtigung meiner obigen, die auf Untersuchung von authentischem Material der *H. stipulacea* beruhen, zunächst hervor, daß die Balfourschen Pflanzen nicht zu *H. stipulacea* Aschers. gehören. Das Balfoursche Material bildet zweifelsohne eine neue, durch die papillöse Blattepidermis ausgezeichnete Art, *H. Balfouri* m., nachdem die anderen von mir nicht untersuchten Arten, nämlich *H. Engelmannii* Aschers. von der floridanischen Küste und aus dem Antillenmeer schon wegen ihrer, wie bei *H. Aschersonii* in vierzählige Scheinquirle angeordneten Blätter und ebenso *H. decipiens* Ostenf. aus dem Busen von Siam nach dem oben Gesagten auch nicht in Betracht kommen.

Untersuchungsmaterial: *H. Aschersonii* Ostenf., Boergesen, St. Croix, H. M. — *H. Beccarii* Aschers., Beccari n. 366, Borneo, H. M. — *H. ovalis* Hook. f., Schweinfurth n. 7, Eritrea und Hildebrandt n. 3216, Madagascar, H. M. *H. ovalis* Hook. f. *β major* (Miq.), Gunn, Tasmannia, H. M. — *H. stipulacea* Aschers., Schweinfurth n. 8, Eritrea u. U. i., Schimper, Suez, H. M.

Literatur: 10. Balfour, p. 290—343 u. pl. VIII—XII; 12. Holm, p. 3—18 u. 22—23, pl. I—III; 16. Sauvageau, p. 293—294.

2. Hydrilla.

Die Blätter dieser jetzt als monotypisch angesehenen Gattung, bezw. ihrer formenreichen und weit verbreiteten Art *H. verticillata* Casp. sind ungestielt, schmal, länger oder kürzer, oval bis länglich oder lanzettlich bis lineal, und von einem einzigen Nerven durchzogen. Der Blattrand ist mehr oder weniger deutlich sägezähnig.

Für die Gattung sind die folgenden anatomischen Merkmale charakteristisch: Das im allgemeinen zweischichtige Blattgewebe, die Streckung der beiderseitigen Epidermiszellen in der Längsrichtung der Blattspreite, wobei die gewöhnlichen unterseitigen Epidermiszellen nur etwa einhalbmal so breit sind, wie die gewöhnlichen oberseitigen, dann das Fehlen der Spaltöffnungen und der Nerventracheen, schließlich die allerdings in manchen Blättern ganz zurücktretenden, in anderen aber in großer Zahl vorhandenen, im Herbarmaterial mit braunem Inhalt erfüllten Sekretzellen, die in der oberseitigen Epidermis, sowie in dem Begleitparenchym des Nerven und in dem auf die Nachbarschaft des Nerven beschränkten Mesophyll vorkommen.

Das Blattgewebe setzt sich abgesehen von dem Nerven und dessen nächster Umgebung und abgesehen von der meist mit nur einer, der oberseitigen Epidermis zugehörigen Zellreihe vor-

springenden Blattkante aus den beiden Epidermisplatten zusammen. Stomata fehlen. Die gewöhnlichen beiderseitigen Epidermiszellen sind stets in der Richtung des Nerven gestreckt und in Längsreihen angeordnet. Besonders charakteristisch ist, daß die oberseitigen Zellen meistens fast zweimal so breit (seltener darüber) sind, als die unmittelbar darunter gelegenen unterseitigen. Wenn auch die Breite der Zellen auf derselben Blattfläche, wie bei verschiedenen Blättern wechselt, so ist doch das Verhältnis der Breitendurchmesser im großen und ganzen überall dasselbe (2:1); es zeigen dies die folgenden Zahlen, welche die Breitendurchmesser der oberseitigen (ob.) und unterseitigen (u.) Zellen an den Blättern verschiedener Exemplare angeben: Schramm, ob. 27—40 μ, u. 15—24 μ; Besser, ob. 40—70 μ, u. 18—33 μ; Zollinger n. 125 b, ob. 40—60 μ, u. 15—24 μ; Zollinger n. 3380, ob. 30—42 μ, u. 18—24 μ; Henkel, ob. 30—45 μ, u. 15—24 μ. Die äußersten Zellen des Blattrandes haben oberseits stets einen kleineren Breitendurchmesser, als die gewöhnlichen oberseitigen Zellen. Über den Nerven sind die oberseitigen Zellen namentlich im oberen Teil des Blattes schmäler, als sonst. Unter dem Nerv sind die Epidermiszellen, im Vergleich mit den gewöhnlichen unterseitigen, im unteren Teil der Spreite etwas breiter, aber noch breiter sind die sich rechts und links anschließenden Zellen: im oberen Teil der Spreite sind sie ungefähr so schmal, wie die gewöhnlichen unterseitigen. Das oben erwähnte, wenig und nur in Berührung mit dem Leitbündelstrang, aber nicht überall entwickelte Mesophyll besteht aus 1—4 Zellreihen, deren Zellen in der Richtung des Nerven gestreckt sind. Wo mehr als eine Mesophyllzellenreihe vorkommt, berühren sich dieselben mit den Längswänden ihrer Zellen; gangartige Interzellularen fehlen. Gerade oder etwas gebogene spitze einzellige Haare finden sich am Blattrand. Sie krönen in der Regel die schwach bis kräftig entwickelten Zähne desselben, an deren Bildung die der Kantenzellreihe benachbarten Zellenreihen in verschiedenem Grad mitbeteiligt sind. Die bisher in der Literatur nirgends angeführten Sekretzellen sind vor allem im getrockneten Material durch ihren braunen bis rotbraunen Inhalt ausgezeichnet. Schon bei der Lupenbetrachtung des Blattes treten sie als undurchsichtige Punkte entgegen und es läßt sich daher unschwer feststellen, daß sie auf derselben Spreite in ungleichmäßiger Verteilung und in den Blättern desselben Individuums in verschiedener Reichlichkeit vorkommen oder aber auch in einem Teil der Blätter ganz fehlen können. Das Fehlen der Sekretzellen in einem Teil der Blätter bei derselben Pflanze wies ich an dem klassischen Material der pommerischen Pflanze vom Damm'schen See und der lithauischen vom See Swinta (s. Caspary 3, p. 379 und 403 sqq.) nach. In dem lebenden, von Henkel stammenden und richtig bestimmten Material konnte ich überhaupt keine Sekretzellen auffinden, soviel Blätter ich auch untersuchte; auch in den Stengeln waren sie nicht zu sehen. Die Sekretzellen treten im Nerven (in dem das Leitbündel überlagernden Begleitparenchym) und dessen Umgebung (Mesophyll), in der oberseitigen Epidermis — dagegen nie in der

unterseitigen — und selten auch in der Blattkantenzellenreihe auf. Im Nerven sind die Sekretzellen meist schlauchartig; beim Exemplar Zollinger n. 3380 maß ich bis 420 μ lange bei etwa 30 μ Breite. Die Sekretzellen der oberseitigen Epidermis sind entweder wenig bis stark in der Richtung des Nerven gestreckt, wobei der Längsdurchmesser 330 μ als Maximum bei einem Breitendurchmesser von etwa 40 μ erreicht, oder fast kreisrund in der Flächenansicht bei einem Durchmesser von 40—45 μ. Die epidermalen Sekretzellen, auch die schlauchartigen, erscheinen bei tiefer Einstellung stets abgerundet; sie nehmen mit einer etwas kleinen Fläche, als der Umriß bei tiefer Einstellung ist, Anteil an Bildung der Blattoberfläche. Der braune Inhalt gibt mit $FeSO_4$- oder $FeCl_3$-Lösung eine schwache bis sehr deutliche Gerbsäurereaktion. Mit Javellescher Lauge entfärbt er sich in gelb und löst sich schließlich. Die Braunfärbung ist sicher nicht ursprünglich, sondern, wie aus Analogie gefolgert werden kann, durch Oxydation beim Trocknen der Pflanze entstanden. Dafür spricht auch, daß es gelang, schwachbraungefärbte Sekretzellen im Material vom Dammschen See durch Behandlung mit Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure tiefer braun zu färben. Es mag an dieser Stelle beigefügt sein, daß langgestreckte (bis 480 μ lange) schlauchartige Sekretzellen mit demselben braunen Inhalt auch in dem Stengel des Exemplars von Zollinger n. 3380 konstatiert wurden, dort sowohl in dem kleinzelligen Gewebe des einzigen zentralen Leitbündels, als auch in dem sich nach außen anschließenden Grundgewebe. Das Leitbündel des Nerven enthält keine Tracheen. Tracheen, jedoch nur mit unvollständigen ringförmigen Verdickungen wurden von Caspary (4, p. 300—301 und Fig. 45—48 auf Taf. V) in den obersten Internodien des Stengels nachgewiesen. Kristalle aus Kalkoxalat scheinen zu fehlen. Die in Zweizahl an der Blattbasis vorhandenen länglichen Achselschüppchen (s. auch Caspary 3, p. 394 und Taf. XXV, Fig. 9 und 12) sind zweizellschichtige Gebilde, deren Randzellen insbesondere an der Spitze des flächenartigen Körpers zu langen und oft gekrümmten schlauchförmigen Wimpern ausgezogen sind. Eine Sekretion war nicht zu beobachten.

Untersuchungsmaterial: *H. verticillata* Casp.: *forma gracilis* Casp., Schramm, Damm'scher See, H. E.; *f. crispa* Casp., Besser, See Swinta bei Wilna, H. E.; *f. Roxburghii* Casp., Zollinger n. 125 b, Ins. Lombok, H. E.; Zollinger n. 3380, Ins. Sumbawa, H. E.; planta viva Henkel-Darmstadt.

Literatur: 2. Chatin, p. 21—24 und pl. IX; 3. Caspary, p. 379—425, 464 und Taf. XXV—XXVII; 4. Caspary, p. 293—310 u. Taf. IV—VII; 13. H. Schenck, p. 17 und 46; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 667—678.

3. Elodea.

Für die längeren oder kürzeren, verschieden, fast dreieckig, oval, länglich oder lineal gestalteten, sitzenden und einnervigen Blätter der typischen Arten — ausgenommen *E.? densa* und *E.?*

Najas, die getrennt abgehandelt werden — sind die folgenden anatomischen Charaktere hervorzuheben: Das zweischichtige, von den beiden Epidermisplatten gebildete Blattgewebe, der Mangel der Spaltöffnungen, Nerventracheen und Sekretzellen, die faserartige Ausbildung der zu äußerst am Blattrand gelegenen 1 und mehr Zellreihen in der unterseitigen Epidermis und das Vorkommen einzelliger Deckhaare am Blattrand.

Das Blattgewebe (Fig. 5) setzt sich, wie bei den vorigen Gattungen, im allgemeinen, nämlich abgesehen von dem Nerven und dessen nächster Umgebung und abgesehen von der einzellreihigen Blattkante, deren Zugehörigkeit zur oberseitigen Epidermis meist deutlich hervortritt, nur aus den beiden Epidermisplatten zusammen. Das Mesophyll ist nur in der unmittelbaren Nähe des Nerven und fast immer sehr wenig entwickelt. H. Schenck (13, Taf. III, Fig. 13) zeichnet schon auf dem Querschnitt des Blattes von *E. canadensis* rechts und links vom Leitbündelstrang ein paar Zellen zwischen den beiden Epidermisschichten, die das Begleitparenchym des Nervenstranges bilden, und jenseits davon je einen größeren Interzellularraum. In der Flächenansicht erscheinen diese Begleitzellen in der Längsrichtung des Nerven mehr oder weniger stark gestreckt und in Reihen angeordnet, die größeren Interzellularräume gangartig. Eine solche oder ähnliche Ausbildung des Mesophylls ist bei den meisten Arten zu beobachten. Nur *E.? crispa* macht eine Ausnahme durch eine stärkere Entwicklung desselben, kurz gesagt, nach dem *Lagarosiphon*-Typus (vergl. unter *Lagarosiphon*). Das Begleitgewebe ist hier 2—3 Zellen dick; an dasselbe schließt sich rechts und links vom Nerven je ein weiter Interzellulargang an, der im unteren Teil der Spreite von einzellschichtigen Querdiaphragmen durchsetzt wird, sodann je ein nur 1 Zelle breiter und 1—2 Zellen dicker Mesophyllzellenstreifen, dessen Zellen in gleicher Weise, wie die Begleitzellen gestreckt sind, und jenseits desselben je ein zweiter meist schmaler Luftgang und stellenweise, nahe der Blattbasis, sodann noch je eine weitere Mesophyllzellenreihe. Bezüglich der gewöhnlichen, fast immer in deutliche Längsreihen angeordneten Epidermiszellen ist zunächst hervorzuheben, daß das Verhältnis des Breitendurchmessers der oberseitigen zu dem der unterseitigen bei fast allen Arten annähernd 2 : 1 oder sogar mehr (doch $< 3:1$) beträgt, wie die folgenden Zahlen ausweisen: *E. callitrichoides*, ob. 27—36 μ, u. 15—21 μ; *E. canadensis*, ob. 33—45 μ, u. 18—30 μ; *E. chilensis*, ob. 24—42 μ, u. 15—27 μ; *E. crispa* ob. 45—54 μ, u. 15—27 μ; *E. granatensis*, ob. 18—30 μ, u. 9—15 μ; *E. orinocensis*, ob. 21—40 μ, u. 9—20 μ; *E. Planchonii*, ob. 27—54 μ, u. 18—30 μ. Eine Ausnahme macht *E. guianensis* (ob. 21—45 μ, u. 18—40 μ), wo die Zellen der Ober- und Unterseite sich in ihrer Breite ungefähr decken und die unterseitigen höchstens am Blattrand etwas schmäler sind, als die oberseitigen (s. übrigens auch die obigen Zahlenangaben für *E. callitrichoides*). Die gewöhnlichen unterseitigen Zellen sind im allgemeinen annähernd vierseitig in der Flächenansicht und wenig (z. B. *E. crispa*) bis stark (z. B.

E. granatensis) in der Längsrichtung des Blattes gestreckt. Die oberseitigen sind entweder auch vierseitig und dabei mäßig oder stärker (*E. guianensis*) gestreckt (*E. callitrichoides, chilensis, granatensis, guianensis* und *orinocensis*) oder aber sie zeigen in der Flächenansicht einen Übergang zur mehr isodiametrisch-polygonalen Gestalt (*E. canadensis, crispa*, auch *Planchonii*). Abweichungen von der gewöhnlichen Struktur zeigen oberseits namentlich die über dem Nervenleitbündel gelegenen, oft recht langgestreckten Zellen, sowie die Zellen der äußersten Randzellenreihen, welche oft schmäler sind. Bei *E. granatensis* und *orinocensis* beobachtete ich in der Mitte der Außenwand von oberseitigen Epidermiszellen ähnliche kreisförmig oder elliptisch abgegrenzte Areale, wie bei bestimmten *Halophila*-Arten. In der unterseitigen Epidermis sind vor allem die Randfasern (Fig. 6—7) zu besprechen, die ein ausgezeichnetes Merkmal der typischen *Elodea*-Arten bilden. Sie

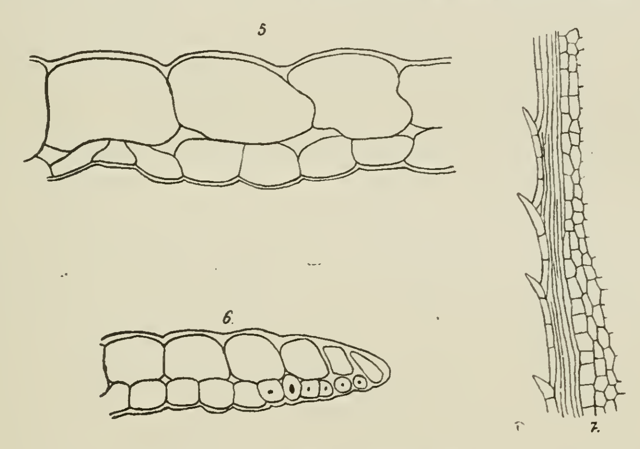


Fig. 5—7. *Elodea canadensis.*
Fig. 5. Blattquerschnitt ($^{270}/_1$). Fig. 6. Querschnitt des Blattrandes ($^{270}/_1$).
Fig. 7. Blattrand in der Flächenansicht ($^{46}/_1$).

fehlen nämlich nur bei *E.? densa* und *? Najas.* Schenck (13, p. 17 und Taf. III, Fig. 13) hat sie für *E. canadensis* gezeichnet und beschrieben. Er bemerkt, daß das Nervenleitbündel an seiner Unterseite von einer Bastfasergruppe begleitet ist und sagt im Anschluß daran: „Außerdem sind die unmittelbar unter demselben gelegenen Epidermiszellen, sowie an den Blatträndern mehrere nebeneinander liegende Zellen der unteren Epidermis langgestreckt und verdickt, also bastfaserartig differenziert. Die Randfasern dürften die zarte Lamina wirksam gegen Einreißen schützen. Vielleicht besitzt auch *Hydrilla* solche Fasern.“ Dem ist gleich beizufügen, daß *Hydrilla* keine Randfasern hat, so daß sich durch ihren Besitz *E. canadensis* ganz leicht und sicher von *Hydrilla v.*, mit der sie nicht selten in den Herbarien vermengt ist, unterscheiden läßt — viel leichter als durch die Gestalt der Achselschüppchen, da diese an den älteren Internodien nicht mehr zu finden sind. Bei *Hydrilla*

kommen unterseits am Blattrand zwar mitunter, wie ich z. B. an dem Henkel'schen Material sah, recht langgestreckte (bis 500 μ lange) und mit dem einen Ende auch nach Art des Prosenchyms in einandergekeilte Zellen vor; doch sind diese Zellen rücksichtlich Wanddicke und Lumen von den zunächt liegenden unterseitigen und typisch parenchymatischen Zellen nicht verschieden. Die Randfasern haben zunächst das gemeinsam, daß sie typisch prosenchymatisch sind. Sie sind dabei oft sehr dickwandig und englumig, wie bei *E. canadensis*, zuweilen aber auch weiterlumig, wie bei *E. Planchonii*. Bei *E. canadensis* habe ich bis 6 Randfasern nebeneinander angetroffen, bei *E. chilensis, crispa, granatensis* und *Planchonii* auf größere Strecken des Blattrandes hin 2 oder sogar 3—4 Randfasern, während ich bei *E. callitrichoides, orinocensis* und *guianensis* die Randfasern gewöhnlich nur da in Zweizahl antraf, wo sie mit ihren Enden sich nebeneinander schieben. Bei *E. guianensis* stellte ich ihre Länge mit 660, 735 und sogar 960 μ fest. Die Randfasern reichen bei manchen Arten, wie bei *E. canadensis*, bis an die Basis des Blattes; an dem schmalen Blatt von *E. guianensis* beginnen sie dagegen erst $4^1/_2$—$5^1/_2$ mm über der Blattbasis. Sie erstrecken sich bis nahe zur Blattspitze, greifen aber nicht um diese herum. Bei *E. callitrichoides* konstatierte ich ein Aussetzen der Randfasern an kurzen Strecken des Blattrandes. Die oben angeführte Bemerkung von Schenck, daß solche Faserzellen im Anschluß an die pericyklische Faserzellengruppe (s. Fig. 13 bei Schenck) auch in der unterseitigen Epidermis vorkommen, kann ich in dieser Präzision nicht bestätigen. An einigen, aber nicht allen Blättern von *E. canadensis* beobachtete ich allerdings, daß im oberen Teil der Spreite die unter dem Leitbündel gelegenen Epidermiszellen schmäler, stärker gestreckt und dickerwandig als sonst an dieser Stelle sind, und manchmal auch eine faserartige Zuspitzung zeigen; eine wirkliche Fasernatur liegt aber nicht vor. Weitere Abweichungen von der Beschaffenheit der gewöhnlichen unterseitigen Zellen finden sich bei einem Teil der Arten noch insofern, als insbesonders im unteren Teil der Spreite rechts und links vom Nerven je eine Längszone von breiteren Zellen zu beobachten ist, welche beide zuweilen an der Spreitenbasis über dem Nerven zusammenschließen, und als im oberen Teil der Spreite die direkt über dem Nervenleitbündel gelagerten Zellen relativ stark gestreckt sind. Spaltöffnungen fehlen[1]). Die bei allen Arten vorkommenden feinen Randzähne des Blattes werden ausschließlich von den geraden und spitzen einzelligen Deckhaaren gebildet. Diese finden sich einzeln oder gepaart auch an der Spitze des Blattes; mitunter hat es den Anschein, als wenn von 2 apikalen Haarzellen nur eine zum Haar ausgewachsen ist. Bei *E. crispa* allein kommt in ähnlicher Weise, wie bei den *Lagarosiphon*-Arten, an der Blattspitze ein Komplex

[1]) Die schon von Caspary (Bot. Zeitung 1858, p. 315 u. Taf. IX, Fig. 4) an der Spitze der äußeren Perigonblätter angegebenen und abgebildeten Stomata liegen auf beiden Seiten nicht nur einzeln, sondern auch zu mehreren, 2—5 in Gruppen beisammen, dabei sich direkt berührend und mitunter unvollständig ausgebildet, indem nur eine Schließzelle entwickelt ist. Nebenzellen fehlen.

von besonderen Zellen vor; er ist auch hier rechts und links von einem Randhaar begleitet. Sekretzellen finden sich weder im Stengel noch im Blatt. In absterbenden Blättern von *E. canadensis* und ebenso im Herbarmaterial anderer Arten findet man allerdings nicht selten auf beiden Blattseiten mit einem braunen Inhalt erfüllte Epidermiszellen, die den braunen Sekretzellen von *Hydrilla* ähnlich sind und sich mit der Lupe schon als braune Punkte bemerkbar machen. Der sorgsame Beobachter wird aber unter dem Mikroskop leicht feststellen können, daß in dem braunen Inhalt Chlorophyllkörner eingeschlossen sind oder wenigstens auf derselben Blattfläche Zellen mit Chlorophyllkörnern zu finden sind, in denen schon die Bräunung des Inhaltes begonnen hat, wozu noch kommt, daß den betreffenden Zellen die Abrundung der braunen Idioblasten abgeht, daß ihr Umriß sich von dem der anderen nicht braunen Zellen ganz und gar nicht unterscheidet. In dem Nervenleitbündel fehlen auch bei *Elodea* ringförmig oder spiralig verdickte Tracheen. „Gefäße" — es sind übrigens nur tracheenähnliche Elemente — mit unvollständigen Ringverdickungen hat Caspary (3, p. 439 und Taf. XXVIII, Fig. 62—63 A) bei *E. canadensis* in dem Leitbündel des Stengels und den von diesem abzweigenden Blattspurbündeln, soweit sie noch im Stengel verlaufen, beobachtet. Typische Bastfasergruppen an der Unterseite des Nervenleitbündels bemerkt schon Schenck für *E. canadensis*; ich sah sie noch bei *E. granatensis* und *orinocensis*. Kleine doppelt oder nicht doppeltbrechende, verschieden gestaltete Kristalle sind nicht selten in der Epidermis. Bei *E. crispa* bestehen die würfeligen oder stäbchenförmigen, schwach oder nicht doppeltbrechenden Kristallkörper, die in größerer Zahl fast jeder Epidermiszelle zu sehen sind, gemäß der Einwirkung der bekannten Reagenzien (Essigsäure, Salzsäure, konz. Schwefelsäure) aus Kalkoxalat. Die an der Blattbasis in Zweizahl vorhandenen Achselschüppchen, welche sich aus zwei Zellagen zusammensetzen, sind nach Caspary stets ungewimpert. Bei *Elodea canadensis* sah ich die eine oder andere Randzelle derselben halbkugelig vorspringen und in diesen anscheinend eine subkutikulare Sekretion. Nach Schilling (18, p. 335—336 und Fig. 4 auf p. 334) sind die Achselschüppchen von *E. canadensis* Schleimbildner. Der Schleim entwickelt sich subkutikular aus den äußersten Teilen der Zellmembrane und sprengt schließlich die blasig abgehobene Kutikula.

Elodea? densa Casp.

E. densa unterscheidet sich in anatomischer Beziehung von den typischen Arten des Genus durch den Mangel der unterseitigen Randfasern und durch den Besitz von epidermalen Sekretzellen mit hellem, harzigem, durch Jodjodkalium sich schöngelb tingierendem Inhalt.

Im übrigen schließt sich die Art rücksichtlich der Blattstruktur an die anderen an. Das Blattgewebe wird bis auf die einzellreihige Blattkante und dem einzigen Nerven mit seiner nächsten Umgebung, wo sich

1—2 Mesophyllzellenlängsreihen einschieben, nur von der ober- und unterseitigen Epidermis gebildet. Die Epidermiszellen sind in der Richtung des Nerven deutlich gestreckt und in Längsreihen angeordnet; in der Flächenansicht sind sie vierseitig, gewöhnlich auch noch so im obersten Teil der Spreite. Die gewöhnlichen oberseitigen Epidermiszellen sind ungefähr zweimal so breit, als die darunter gelegenen unterseitigen (ob. 36—51 μ, u. 15—27 μ); erstere sind auch, wie bei *E. canadensis*, im Querschnitt viel höher und damit viel geräumiger. Oberseits sind außerdem die Epidermiszellen über dem Nervenleitbündel und am äußersten Blattrand schmäler als sonst, unterseits die über dem Nervenleitbündel gelegenen, namentlich im unteren Teil der Spreite, breiter. Die meist geraden einzelligen Haare bilden allein oder fast allein die Zähnelung des Randes; ein einzelnes Haar findet sich an der Blattspitze. Der Nerv enthält keine Tracheen. Nur bei dem Exemplar von Tweedie fand sich an der Unterseite des Leitbündels eine kleine Gruppe aus 2—3 dickwandigen und englumigen Faserzellen. Die Achselschüppchen sind fast kreisrunde, zweizellschichtige Gebilde mit nicht ganz $^1/_3$ mm Durchmesser, deren Zellen zum Teil stark vorspringen, aber nicht sekretorisch sind (s. auch 12. Holm, Fig. 46 auf pl. IV).

Eine genaue Besprechung erfordern die Sekretzellen, welche auch zahlreich in dem Stengel (pl. v.) vorkommen und in beiden Organen, Blatt und Stengel, auf die Epidermis beschränkt sind. Sie zeichnen sich im getrockneten, wie im lebenden Material durch ihren farblosen Inhalt aus, der im Gegensatz zu dem Inhalt der anderen Epidermiszellen keine Chlorophyllkörner einschließt. Wohl wegen ihres farblosen Inhaltes sind diese Sekretzellen von Holm (12, p. 19—21 und pl. IV) übersehen worden, welcher von Seubert und zweifellos richtig bestimmtes, von Warming gesammeltes brasilianisches Material der *E. densa* zum Gegenstand einer anatomischen Untersuchung gemacht hat. Deshalb sei gleich bemerkt, daß sie durch Einlegen von Blattstücken des lebenden, wie des getrockneten Materials in Jodjodkalium und die hierdurch bewirkte schöne weingelbe Färbung ihres Inhaltes sofort aufzufinden sind. Die Sekretzellen finden sich in den beiden Epidermisplatten des Blattes. Oberseits sind sie nur auf eine nicht sehr schmale Randzone der Blattfläche beschränkt. Unterseits treten sie zahlreich fast auf der ganzen Blattfläche auf, jedoch abgesehen von einer Randzone, die sich mit der vorhin erwähnten nicht ganz deckt, so daß sehr wohl noch eine unterseitige Sekretzelle näher dem Blattrand gelegen sein kann, als eine oberseitige. Die Sekretzellen liegen auf beiden Seiten entweder einzeln oder zu 2—4 hintereinander in einer zum Nerven parallelen Reihe. Sie sind auch meist in der Richtung des Nerven gestreckt, dabei verschieden lang, die längsten schmäler, die kürzeren breiter in der Flächenansicht. Die folgenden Zahlen bringen das Verhältnis von Längen- und Breitendurchmesser bei den längsten zum Ausdruck: 120: (33—54) μ, 178 : 24 μ, 180 : 27 μ u. s. w. Die Sekretzellen erscheinen bei tiefer Einstellung in der Flächenansicht breiter und

an den Enden abgerundet; an der Bildung der Blattoberfläche sind sie mit einer kleineren Fläche beteiligt. In der Stengelepidermis sind die Sekretzellen gleich den anderen Zellen des Hautgewebes in axiler Richtung gestreckt, dabei kürzer oder länger. Sie fehlen, wie nochmals ausdrücklich hervorgehoben werden soll, im Grund- und Stranggewebe des Stengels. Dort sind auch Sekretzellen mit anderem Inhalt nicht zu beobachten gewesen. Über die Reaktionen des Sekretes, die namentlich an dem lebenden Material angestellt wurden, ist folgendes anzuführen. Mit Alkohol wird der stark lichtbrechende Inhalt zunächst grau und fein krumös; Zufließen von Wasser verursacht dann wieder ein Aufquellen zum hellen, lichtbrechenden Inhalt. Nach sehr langer Einwirkung von Alkohol ist völlige Lösung des Sekretes eingetreten, indem nur körnige Plasmareste und der Zellkern zurückbleiben. Mit Jodjodkalium tritt die schon erwähnte schöne weingelbe Färbung des Sekretes auf, die sich auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure noch verstärkt, während auf Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure eine Rot- bis Rotbraunfärbung zu sehen ist. Längeres Liegen in Jodjodkaliumlösung läßt das gelbgefärbte Sekret als einen von der Zellwand losgelösten derbwandigen, im Innern mit vakuoligem Inhalt erfüllten Sack erscheinen. Durch Behandlung mit Javelle scher Lauge, Kalilauge oder Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure wird keine Braunfärbung des Sekretes erreicht. Nach längerem Liegen in Kalilauge ist das Sekret hellgrün gefärbt; diese Färbung ist aber zweifellos durch die Einwirkung des Alkali auf den Farbstoff der Chlorophyllkörner in den benachbarten Zellen und die Imprägnierung des Sekretes mit der Farbstofflösung zu erklären, also nicht von Belang. Zu einer Täuschung, als ob „Myriophyllin" in dem Sekrete enthalten wäre, kann leicht die Reaktion mit Vanillinsalzsäure Veranlassung geben. Mit diesem Reagens färbt sich nämlich das Sekret, mitunter unter Loslösung und Zusammenziehung, in einem Teil der Sekretzellen — nicht in allen — schön rosa oder sogar blutrot. Eine Rosafärbung wird ebenso stellenweise schon durch konzentrierte Salzsäure allein hervorgerufen. Diese Färbungen haben aber keine lange Dauer, und nach längerem Liegen tritt dann das Sekret zusammengezogen oder der Rest desselben in Tropfenform und dabei hellgrün gefärbt (im Salzsäureapparat stellenweise auch indigblau) entgegen. Die Rosa- oder Rotfärbung ebenso wie die Grünfärbung ist als keine charakteristische Eigentümlichkeit des Sekretes anzusehen. Die erstere ist keine Myriophyllinreaktion und lediglich bewirkt durch die Einwirkung der Reagenzien auf das Anthocyan, das in vielen Blattzellen vorhanden ist und durch die Imprägnierung des Sekretes mit der entstandenen roten Lösung; die letztere ist in gleicher Weise, wie die oben erwähnte Grünfärbung des Sekretes nach längerer Einwirkung von Kalilauge, zu erklären.

Zur äußeren Morphologie der vegetativen Organe und zur näheren Kenntnis der Blütenverhältnisse von *E. densa* ist im Anschluß an die Angaben von Planchon (Hydrocharidées nouvelles, in Ann. sc. nat., Sér. 3, T. XI, 1849, p. 79—81)

und von Caspary (3) folgendes anzuführen. Die Laubblattquirle sind 3-, 4-, 5- und mehrzählig. Die vegetativen Sprosse setzen, wie bei den anderen *E.*-Arten, mit 2 Vorblättern ein. Diese Vorblätter liegen aber, wie an den entwickelten und den unentwickelten, im Knospenstadium befindlichen Seitensprossen mit voller Sicherheit festgestellt wurde, nicht, wie bei *E. canadensis* lateral, sondern vielmehr median. Dabei ist das hintere Vorblatt das größere und umschließt in der Knospe das vordere. Weiter ist hervorzuheben, daß bei *E. densa*, gleichwie für *Elodea* überhaupt und speziell für *E. canadensis* angegeben wird (Eichler, Blütendiagramme I, 1875, p. 92), das Tragblatt der Inflorescenz, und zwar mit dieser selbst, zum nächsten Blattquirl herabrückt, so daß der obere in Bezug auf die Zahl seiner Laubblätter reduziert erscheint; zuweilen rücken sogar 2 Laubblätter herab. Ich konstatierte bei *E. densa* die folgenden Fälle: oberer Quirl mit 3 Laubbl., nächst unterer mit 4 und 1 herabgedrücktem, in der Achsel des letzteren die Inflorescenz, kurz ausgedrückt: ob. 3, u. 4 + 1; weiter nach diesem Schema: ob. 3, u. 4 + 2, dabei die zwei herabgedrückten Blätter einmal bis auf die freien Spitzen verwachsen; ob. 4, u. 4 + 1; ob. 4, u. 5 + 1; ob. 4, u. 6 + 2. Auch das Tragblatt einer vegetativen Knospe fand ich herabgerückt nach dem Schema: ob. 3, u. 4 + 1. Von *E. densa* sind nur die männlichen Blüten bekannt. Die Angabe bei Caspary (3, p. 435) und darnach auch bei Holm (12, p. 19), daß die weiblichen Blüten sich in einem Manuskript von Aug. de St. Hilaire des H. Mus. Paris beschrieben finden, ist mit Rücksicht auf die Ausführungen von Caspary auf p. 476 (unter *E. Najas*) auf einen Lapsus calami zurückzuführen, indem es p. 435 „*Egeria Najas*“ heißen muß statt „*Eg. densa*“. Die männlichen Inflorescenzen unserer Glashauspflanzen zeigen nicht 3, sondern 4—5 Blüten. Der Blütenstand ist anscheinend wickelartig. Er ist im jungen Zustand umschlossen von einer eiförmigen, dorsal zusammengedrückten, zweikantigen und an der Spitze zweizähnigen schlauchförmigen Spatha von etwa 14 mm Länge und 8 mm Breite. Auf die Zusammensetzung des Schlauches aus zwei lateral gelagerten Brakteen deutet nicht allein die zweizähnige Spitze, sondern auch die Tatsache hin, daß nur die beiden Kanten je ein Leitbündel (nebenbei gesagt, gleichwie auch in den Filamenten mit unvollkommen ausgebildeten Spiraltracheen) einschließen. An der Basis des Schlauches bemerkt man einige (5) kurzgestielte Achselschüppchen, die flächenartig, rundlich und stellenweise 3 Zellen dick sind. Schleimabsonderung findet innerhalb der Spatha nicht statt. Die Wand der Spatha ist im allgemeinen zweizellschichtig und enthält in der äußeren Zellschicht längsgestreckte Sekretzellen, einzelne oder mehrere in einer Reihe, analog denen des Blattes. Die Beobachtungen über die Struktur der männlichen Blüte fassen sich am besten in die folgende Diagnose zusammen: „Pedunculus 82 mm longus. Sepala 3, uninervia, ovata, $3^1/_2$ mm longa, $2^1/_2$ mm lata, viridula, aestivatione contorta. Petala 3, suborbiculari-obovata, 7 mm longa, 5 mm lata, alba. Stamina 9, 2 mm longa, filamentis incrassatis, epidermide subgloboso-papillosa instructis, antheris 4-locularibus, oblongis, 1 mm

longis. In centro floris tuberculum truncato-trilobum (verisimiliter ovarii rudimentum)". Ich bemerke dazu noch, daß der Pollen kugelig ist, im Wasserpräparat einen Durchmesser von 75 μ zeigt und gelbgefärbt ist, keine Keimporen hat und mit einer reichlich- und feinstachligen Exine versehen ist. Die Gelbfärbung ist durch einen der Pollenoberfläche anhaftenden Farbstoff (Karoten?) bedingt, der mit konzentrierter Schwefelsäure schön blau wird.

Elodea? Najas Casp.

Bei dieser Art fehlen wieder die unterseitigen Randfasern, wodurch sie mit *E. densa* übereinstimmt. Doch unterscheidet sie sich von dieser wesentlich, daß keine Sekretzellen vorkommen.

Das Blattgewebe ist im allgemeinen zweischichtig. Das Breitenverhältnis der gewöhnlichen ober- und unterseitigen Epidermiszellen ([36—57] μ: [12—24] μ) ist ein ähnliches, wie bei den meisten anderen *E.*-Arten; zwei, mitunter sogar drei der in Richtung der Blattlängsachse gestreckten und in Längsreihen angeordneten unterseitigen Zellen treffen auf eine oberseitige. Die oberseitigen Zellen sind wenig gestreckt, mehr polygonal, als vierseitig in der Flächenansicht, im oberen Teil der Spreite sogar isodiametrisch-polygonal. Die Abweichungen in der Gestalt der Zellen über den Nerven, bezw. am Blattrand sind dieselben, wie bei *E. densa*. An der Bildung der Blattzähne sind außer den etwas gebogenen einzelligen Trichomen auch Zellen der Epidermisplatten beteiligt; die Blattspitze wird von einem kräftigen Haar gebildet.

Ich habe *Elodea densa* und *Najas*, welche bei Planchon die Gattung *Egeria* bilden, mit Rücksicht auf ihre unsichere Stellung in der Gattung *Elodea* mit einem Fragezeichen versehen. Der Entscheid, ob diese beiden noch recht ungenügend gekannten Arten, von denen die erstgenannte eine verbreitete Aquarienpflanze geworden ist, in der Tat aus dem Genus auszuscheiden haben und ob sie Glieder neuer Gattungstypen sind, muß einer monographischen Bearbeitung der Gattung überlassen bleiben.

Unter Berücksichtigung meiner anatomischen Untersuchungen glaube ich aber folgendes sagen zu sollen. Es ist sehr bemerkenswert, daß die Arten mit hermaphroditen Blüten, *E. granatensis, guianensis* und *orinocensis* mit der polygamischen *E. canadensis* und mit den Arten, bei welchen nur eingeschlechtige Blüten bekannt sind, *E. callitrichoides, chilensis* und *Planchonii*, den Besitz der Randfasern teilen. Dieser Befund gibt Caspary (3, p. 435) recht, daß er bei der Abgrenzung der Gattung *Elodea* dem Verhältnis der Verteilung der Geschlechter kein Gewicht beigemessen hat. Damit fällt auch das Gattungsmerkmal der Dioecie für *Egeria*. Dagegen gewinnt durch das Hinzukommen anatomischer Unterscheidungsmerkmale (keine Randfasern bei beiden *Egeria*-Arten und epidermale Sekretzellen bei *E. densa*) das äußere Merkmal, daß sich

bei *Egeria* in einer Spatha statt einer einzigen männlichen Blüte, wie sonst bei *Elodea*, 2 und mehr entwickeln, eine größere Bedeutung, als Caspary (3, p. 436) diesem Zahlenverhältnis eingeräumt hat. Auch ist bei der Frage nach der systematischen Stellung der beiden Arten die beträchtliche Größe der inneren Perigonblätter zu berücksichtigen, namentlich bei *E. densa*, deren Blüten schon Planchon sehr zutreffend mit denen des *Ranunculus aquatilis* verglichen hat, und ebenso die mediane Stellung der Vorblätter der vegetativen Seitensprosse bei *E. densa*. Was St. Hilaire in seinem Manuskript über die weiblichen Blüten von *E. Najas* angibt, ist für die angeschnittene Frage von keiner Bedeutung.

In der Aufzählung des Untersuchungsmaterials ist auch *E. crispa* mit einem Fragezeichen versehen. Ich habe sie noch nicht blühen sehen. Sie ist eine Einführung von Henkel-Darmstadt und stammt gemäß der Angabe in Henkels Katalog n. 96, 1908, p. 26, aus Südafrika (Hansen, Klerksdorp). Aus pflanzengeographischen Rücksichten ist schon die Zugehörigkeit der Pflanze zu *Elodea* fraglich. *Elodea* ist bisher nur aus dem amerikanischen Kontinent und eingewandert in Europa bekannt. Anatomisch stimmt die Pflanze, insbesonders durch die Randfasern, im wesentlichen mit *Elodea* überein. Die Struktur der Blattspitze (s. oben) erinnert aber an *Lagarosiphon*, wo auch die Randfasern vorkommen.

Untersuchungsmaterial:[1]) *E. callitrichoides* Casp., Ex Herb. Richard in Herb. Drake (Paris)[2]). — *E. canadensis* Casp., pl. v. — *E. chilensis* Casp., Bang n. 165, Bolivia, H. M. — *E.? crispa* Hort., pl. v. Henkel und Haage und Schmidt. — *E.? densa* Casp., Tweedie, Buenos Ayres, Herb. Hookerian. (London); pl. v., Hort. Erlang., auch Haage und Schmidt; *E. densa* var. *longifolia* Hort., pl. v., Henkel. — *E. granatensis* Humb. et. Bonpl., Herb. de l'Amérique équatoriale, donnée par Bonpland n. 1757 (Paris). — *E. guianensis* Rich., Martius, Brasilia, H. M. — *E.? Najas* Casp., St. Hilaire B' n. 1840, Brasilien (Paris). — *E. orinocensis* Rich., Ex Herb. Richard, Herb. Drake (Paris). — *E. Planchonii* Casp., Cleghorn, Canada, Herb. Hookerian. (London).

Literatur: 2. Chatin, p. 24—25 und p. 26—27, pl. X—XI; 3. Caspary, p. 439—461 Taf. XXVII—XXIX; 7. Horn, p. 426—433 mit Taf.; 12. Holm, p. 19—21 und 24, pl. IV; 13. Schenck, p. 17 u. 45—46, Taf. III, Fig. 13 und Taf. VIII, Fig. 44; 18. Schilling, p. 335—336 und Fig. 4 auf p. 334; 21. Weinrowsky, p. 36; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 678—688.

4. Lagarosiphon.

Im Index Kewensis sind bis jetzt zwölf Arten angeführt, die aber nur zum Teil näher bekannt sind. Diese sind: *L. cordofanus*

[1]) Das Blattmaterial der Originalien aus Paris und London erhielt ich durch die Güte des Kollegen Lecomte vom Muséum d'histoire naturelle und des Direktors von Kew-Gardens Prain. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

[2]) Die unter dem Namen *E. callitrichoides* von Haage und Schmidt bezogene Handelspflanze hat keine Randfasern und gehört darnach nicht zu *E. callitrichoides* Casp. und wahrscheinlich überhaupt nicht zu *Elodea*.

Casp., *crispus* Rendle, *densus* Ridley, *Fischeri* Gürke, *hydrilloides* Rendle, *madagascariensis* Casp., *muscoides* Harv., *Nyassae* Ridley, *rubellus* Ridley, *Schweinfurthii* Casp., *Steudneri* Casp. und *tenuis* Rendle. Ihre Blätter sind sitzend, lineal bis lanzettlich, kürzer oder länger und einnervig (s. Anm. 1 auf p. 61). Bei der Mehrzahl der Arten sind nur die weiblichen Blüten beschrieben; die männlichen, welche für die Frage nach der Zugehörigkeit der Art zur Gattung *Lagarosiphon* von ausschlaggebender Bedeutung sind, nur bei *L. crispus, muscoides* und *rubellus*.

Den Typus der Gattung bildet bekanntlich *L. muscoides*. Die charakteristischen Merkmale des Genus bestanden für Caspary (3, p. 477) „in Dioecismus und Dreimännigkeit, darin, daß viele männliche Blüten, nicht eine bis drei in einer Spatha gebildet werden, daß die Blätter zerstreut stehen und die Samenknospen orthotrop und aufrecht sind." Von diesen exomorphen Kennzeichen ist für die Unterscheidung von der nächstverwandten Gattung *Elodea* nur das einzige wesentlich, daß die männlichen Blüten zu vielen in einer Spatha sich entwickeln, während die meisten anderen auch innerhalb der Gattung *Elodea* auftreten und die Blattstellung bei *Lagarosiphon* in der gegenwärtigen Umgrenzung nicht einheitlich ist.[1]) Da die männlichen Blüten nur bei den drei oben genannten Arten gesammelt sind, so scheint es fast, als ob die Einreihung der anderen unter *Lagarosiphon* vor allem aus pflanzengeographischen Rücksichten erfolgt ist, deshalb, weil sie in Afrika oder Madagaskar heimisch sind im Gegensatz zu *Elodea*, die nur nord- und südamerikanische Arten enthält.

Die anatomische Untersuchung des Blattes, zu welcher mir außer *L. muscoides* leider nur noch *L. cordofanus, densus, madagascariensis* und *Schweinfurthii*, diese sämtlich mit floribus masculis ignotis, zu Gebote standen, hat kein wesentliches anatomisches Unterscheidungsmerkmal gegenüber *Elodea* feststellen lassen. Dagegen ergab sie, daß die Randfasern in der unterseitigen Blattepidermis, welche für die typischen *Elodea*-Arten so charakteristisch sind, bei *L. muscoides* und auch bei *L. Schweinfurthii* vorkommen, aber nicht bei den drei übrigen Arten. Eine Untersuchung der sämtlichen *Lagarosiphon*-Arten in dieser Hinsicht wird für die Klärung des gegenwärtigen Inhaltes der Gattung von großem Wert sein.

Ich lasse nun zunächst die Beschreibung der Blattstruktur von *L. muscoides* folgen und bespreche dann die der anderen von mir untersuchten Arten.

Das lineale Blatt von *L. muscoides* besitzt ein schmales, von mehr als zwei Zellschichten gebildetes Mittelfeld, welches den einzigen Nerven und zu dessen beiden Seiten ein wenig entwickeltes Mesophyll einschließt, während der übrige Teil des Blattes nur von zwei Zellagen, der ober- und der unterseitigen Epidermis, gebildet wird. Das Mesophyll besteht aus dem Begleitgewebe, das sich

[1]) *L. hydrilloides* hat folia verticillata. Für *L. cordofanus, crispus* und *rubellus* werden folia subopposita angegeben.

an den Leitbündelstrang des Nerven anschließt, und beiderseits davon gewöhnlich nur noch aus je einem, nur eine Zelle breiten und zum Nerven parallel verlaufenden Mesophyllstreifen, welcher von dem Begleitgewebe durch einen „inneren" Interzellulargang getrennt ist. Seine Zellen sind insgesamt in der Richtung der Blattlängsachse gestreckt und in Längsreihen angeordnet. Die „inneren" Interzellulargänge sind stellenweise, und zwar im unteren Teil des Blattes durch eine Querzelle, weiter oben durch papillöse Ausstülpungen von Zellen des Mesophyllstreifens unterbrochen. An der dem Blattrand zugewendeten Außenseite der Mesophyllstreifen, zwischen diesen einerseits und den gleich näher zu besprechenden Sklerenchymfaserbündeln oder dem zweizellschichtigen Teil der Spreite andererseits findet sich noch je ein zweiter und meist schmaler „äußerer" Interzellulargang. Hinzuzufügen ist noch, daß im obersten Teil des Blattes die Mesophyllstruktur und die Luftgänge entsprechend reduziert sind. Als Abgrenzung des Mittelfeldes vom zweizellschichtigen Teil der Blattspreite treten im Blattinnern Sklerenchymfaserbündel auf, die sich in den untersuchten Blättern etwas verschieden verhalten. Entweder fand ich rechts und links vom Mittelfeld ein Faserbündel, welches das Blatt in seiner ganzen Länge von der Basis an bis zur Spitze durchzieht (Drege) oder die Bündel beiderseits nur an der Blattspitze (Drege) oder die Bündel beiderseits schon am Blattgrund, dann auf beiden Seiten, aber ungleichweit gegen die Spitze vordringend, auf der einen nicht ganz bis zur halben Blattlänge, auf der anderen bis über zwei Drittel der Blattlänge, sodann aussetzend und schließlich, an der Blattspitze, einseitig oder beiderseits eine Faserzelle (Ecklon und Zeyher). Noch andere Verhältnisse mögen vorkommen. Sekretzellen fehlen, ebenso die Tracheen im Nerven und die Stomata. Ziemlich lange spitze, einzellige Haare der Blattkantenzellenreihe bedingen die Wimperung des Blattes. Die oberseitigen Epidermiszellen sind direkt über dem Nerven schmal und langgestreckt. Im zweischichtigen Teil sind sie breiter (bis 24 μ bei Drege, 15—21 μ bei Ecklon und Zeyher) und mehr oder weniger gestreckt, über den randständigen Sklerenchymfasergruppen der unterseitigen Epidermis wieder schmäler und langgestreckt. Die unterseitigen Epidermiszellen sind im Mittelfeld an der Blattbasis breit, weiter oben schmäler und mehr oder weniger langgestreckt. Im zweizellschichtigen Teil sind sie sehr schmal (6—10 μ) und gestreckt. Die sklerenchymfaserartige Ausbildung erstreckt sich auf vier oder mehr Randzellenreihen. Abgesehen von diesen sind die sämtlichen Epidermiszellen in der Flächenansicht annähernd vierseitig und in Längsreihen angeordnet.

L. Schweinfurthii schließt sich rücksichtlich der Gestalt und Anordnung der Epidermiszellen, der Behaarung des Blattrandes, der Struktur des Mesophylls etc. und besonders durch den Besitz der unterseitigen randständigen Sklerenchymfaserbündel an *L. muscoides* an. Als Abgrenzung des Mittelfeldes nach außen traf ich in allen Blättern auf den beiden Seiten des

Nerven die Sklerenchymfaserbündel des Mesophylls von der Blattbasis bis zur Spitze an. In dem zweischichtigen Teil der Blattspreite beträgt der Breitendurchmesser der oberseitigen Epidermiszellen 15—30 μ, der unterseitigen 6—12 μ.

Die drei anderen Arten, *L. cordofanus, densus* und *madagascariensis,* weichen ganz erheblich durch das Fehlen der randständigen Sklerenchymfaserbündel in der unterseitigen Epidermis ab. Sekretzellen, Nerventracheen und Stomata fehlen, wie bei *L. muscoides* und *Schweinfurthii.* Die Struktur des Mittelfeldes und des Mesophylls ist bei den drei Arten im Prinzip die gleiche, wie bei *L. muscoides.* Nur sind die Interzellulargänge, insbesondere die „inneren" viel weiter. Die inneren Luftgänge sind im unteren Teil des Blattes von Querdiaphragmen unterbrochen, die mehrere kleine Zellen breit sind, während weiter oben an ihre Stelle einzelne Querzellen oder Ausstülpungen von Zellen der Mesophyllstreifen treten. Die letzteren beiden finden sich auch als Unterbrechungen der „äußeren" Luftgänge.[1]) Als Abgrenzung des Mittelfeldes nach außen finden sich nur bei *L. cordofanus* und *densus* die Sklerenchymfasergruppen im Blattinnern. Bei der zuerst genannten Art durchziehen sie das Blatt beiderseits vom Grund an bis in eine Entfernung von $^1/_3$ bis 1 mm von der Blattspitze, dabei ungleichweit auf den beiden Seiten vordringend. Bei der zweiten zeigen verschiedene Blätter ein sehr ungleiches Verhalten: Die Fasergruppen kommen beiderseits nur im unteren Teil des Blattes (bis 5 mm von der Basis) vor, dann weiter aufwärts nur auf der einen Seite des Nerven bis in eine Entfernung von 4 mm von der Blattspitze, oder aber nur auf der einen Seite des Nerven von der Basis bis zur Spitze, oder aber sie fehlen schon beiderseits an der Blattbasis. Eine deutliche Zähnelung des Blattrandes, an welcher außer längeren und spitzen Haarzellen auch die benachbarten Randzellen teilnehmen, hat nur *L. cordofanus;* die beiden anderen Arten besitzen nur eine Wimperung durch längere und spitze einzellige Trichome. Die Struktur der Blattepidermis in dem zweischichtigen Teil der Spreite läßt sich kurz dahin zusammenfassen, daß die oberseitigen Zellen breiter (Br.-Durchm. 21—33 μ bei *L. cordofanus,* 18—27 μ bei *L. densus,* 18—24 μ bei *L. madagascariensis*) und fast isodiametrisch und polygonal (*L. c.,* auch *L. m.*) oder doch nicht sehr stark gestreckt und dabei in Längsreihen angeordnet (*L. d.*) sind, die unterseitigen dagegen viel schmäler, meist etwa $^1/_2$ mal so breit (Br.-Durchm. 9—18 μ bei *L. c.,* 6—9 μ bei *L. d.,* 8—10 μ bei *L. m.*), annähernd vierseitig, stärker gestreckt und in Längsreihen angeordnet. Auf die Abweichungen im Mittelfeld einzugehen, würde zu weit

[1]) Rendle (l. c. p. 381 u. pl. XXXI, Fig. 9) gibt für *L. crispus* eine Mittelrippe und zwei schwächere seitliche Längsnerven, sowie die Längsnerven verbindende Quernerven an, Wright (in Thiselton-Dyer, Flora of tropical Africa. VII. 1897. p. 4) dreinervige Blätter. Nach den obigen Angaben ist es nicht ausgeschlossen, daß die seitlichen Längsnerven auf die Sklerenchymfaserbündel des Mesophylls, die Quernerven auf Querdiaphragmen zurückzuführen sind.

führen. Dagegen ist noch hervorzuheben, daß ich bei allen drei Arten mehr oder minder häufig in der Mitte der Außenwände der oberseitigen Epidermiszellen dieselben eigentümlichen kreisförmig oder elliptisch abgegrenzten Stellen beobachtet habe, wie bei bestimmten *Halophila*- und *Elodea*-Arten; bei *L. densus* sah ich manchmal zwei konzentrische, durch einen sehr schmalen Zwischenraum getrennte Ellipsen und innerhalb des elliptischen Areals eine körnige Struktur an der Innenfläche der Zellwand.

Für alle fünf Arten und für *L. Steudneri* nach Caspary, (s. Taf. IV, Fig. 6 in dem unten zitierten Werk von Schweinfurth) ist noch anzuführen, daß an der rechts und links von je einem Randhaar flankierten, verschieden breiten Blattspitze eine Gruppe aus besonderen, oft abgerundeten Zellen zu sehen ist, die sich hier und dort (*L. muscoides*) abzulösen beginnen, wie dies bei Bildung der sogenannten Apikalöffnungen von Wasserpflanzen vorkommt. Die Achselschüppchen, die in den Artdiagnosen nicht überall angegeben werden und in Zweizahl am Blattgrund auftreten, haben eine verschiedene Gestalt. Nach Caspary (3, Bot. Zeit., und in Bremer Berichten, s. unten) sind sie bei *L. cordofanus, madagascariensis* und *Schweinfurthii* an ihrer Spitze mit Papillen versehen, nicht so bei *L. muscoides;* bei diesem stellte ich ihre Zusammensetzung aus zwei Zellagen fest.

Untersuchungsmaterial: *L. muscoides* Harv., Ecklon et Zeyher n. 1732, Cap. b. sp., ♂ u. ♀ Exemplare, sowie Drege n. 2276, Cap. b. sp., beide aus Herb. Lips. — *L. cordofanus* Casp., Kotschy n. 170, Nubia, H. E. — *L. densus* Ridley, Hildebrandt n. 3804, Madagascar, H. M. — *L. madagascariensis* Casp., Hildebrandt n. 3422, Madagascar, H. M. — *L. Schweinfurthii* Aschers., Schweinfurth n. 2457, Djurland, H. M.

Literatur: 2. Chatin, p. 23 (sub *Hydrilla muscoides,* cfr. pl. IX, Fig. 4—6') und p. 26—27, pl. XI, Fig. 1—3' (sub *Udora cordofana*[1]); 3. Caspary, p. 477—480 u. Taf. XXIX. — Anatomische Angaben finden sich auch bei den Autoren, welche die zu *L. muscoides* und *cordofanus* hinzugekommenen Arten veröffentlicht haben, so bei: Caspary, in Schweinfurth, Beitrag z. Flora Äthyopiens, Berlin, 1867, p. 200—201 u. Taf. IV, in Bot. Zeit., 1870, p. 88—89 u. in Abhandl. Naturwiss. Ver. Bremen VII, 1882, p. 252—254 u. Taf. XVIII; Ridley, in Journal of the Linn. Society XXII, 1886, p. 233—236; Rendle, in Journ. of the Linn. Soc. XXX, 1895. p. 380—382 u. pl. 31-32. — Sie enthalten aber wenig wesentliches bis auf die Zahl der Randhaare, welche für die Artcharakteristik verwendet wird.

5. Vallisneria.

Vallisneria spiralis ist bekanntlich mit langen, bandförmigen, von fünf Längsnerven und zahlreichen, in der gleichen Richtung

[1]) Die von Chatin im Text und auf der Tafel als *U. cordofana,* in der Figurenerklärung p. 36 irrtümlich (?) als *U. verticillata* bezeichnete Pflanze zeigt schon entgegen Caspary (3, p. 480 u. Taf. XXIX, Fig. 78) im Grundgewebe des Stengels keine Luftgänge, während bei *L. c.* vier Kreise von solchen vorkommen. Ebenso wenig entspricht das Querschnittsbild des Blattes mit zwei großen, fast die ganze Breite der Blattspreitehälften einnehmenden Lakunen in Fig. 3' meinem Befunde. Chatins Angaben treffen nicht auf *L. cordofanus* zu.

verlaufenden Luftkanälen durchzogenen Blättern versehen. Von den seitlichen Nerven liegen die zwei dem Mittelnerven zunächst gelagerten, die „inneren“, näher dem Blattrand als der Mittelrippe, die „äußeren“ nahe dem Blattrand. Die „inneren“ vereinigen sich unfern der Blattspitze im Bogen miteinander und mit dem Mittelnerven; die „äußeren“ schließen sich nur ein wenig mehr entfernt von der Spitze im Bogen an die „inneren“ an. In anatomischer Beziehung sind die folgenden Merkmale hervorzuheben: Das großzellige Mesophyll, das von zylindrischen, in der Längsrichtung des Blattes ziemlich stark gestreckten und in Längsreihen angeordneten Zellen gebildet und in derselben Richtung von weiten Luftgängen durchzogen wird, die im Verhältnis dazu viel kleinerzellige, chlorophyllreiche Epidermis, das Fehlen der Spaltöffnungen, Haare und Nerventracheen, das Vorkommen von Sekretzellen, deren Inhalt in der lebenden Pflanze hell, in der getrockneten braun gefärbt ist, im Mesophyll, in den Leitbündeln (dort schlauchartig gestreckt) und in den Querdiaphragmen der Luftgänge (dort idioblastenartig, oft in Form eines wenig in den Luftgang vorspringenden linsenförmigen Körpers oder einer stark vorspringenden Kugel).

Die Blattstruktur ist wiederholt in der Literatur beschrieben, jedoch nicht in ganz befriedigender Weise. Schencks Querschnittsbild (13, Taf. IV, Fig. 20a) und Beschreibung bezieht sich auf den oberen und breitesten, typischen Teil der Blattspreite, die Abbildung von Müller (11, Taf. VII, Fig. 16) auf den basalen. Die Epidermiszellen sind beiderseits von gleicher Beschaffenheit, in Längsreihen angeordnet, im allgemeinen wenig gestreckt, meist vierseitig, im oberen Teil des Blattes fast isodiametrisch-polygonal. Sie sind viel kleiner als die Mesophyllzellen. Den obigen Angaben über die Mesophyllzellen, die schon bei der Betrachtung des lebenden Blattes mit der Lupe, im Gegensatz zu den Epidermiszellen, deutlich sichtbar sind, ist noch anzuführen, daß sie meist einen großen rundlichen Querschnitt zeigen; kleiner ist dieser namentlich bei den Zellen, welche die Leitbündel der Nerven umhüllen, und im Randteil des Blattes. Die weiten Interzellulargänge werden stellenweise senkrecht oder schief zu ihren Längswänden von Querdiaphragmen durchsetzt. Diese sind abgesehen von den Stellen, an welchen in ihnen Quernerven verlaufen (was aber nur hier und dort der Fall ist), nur aus einer Zellschicht, und zwar aus flachen, polygonal-rundlichen Zellen zusammengesetzt, die in den Ecken kleine Interzellularräume zwischen sich nehmen (sog. „perforierte Querdiaphragmen“, Fig. 9). Die Zahl und die Verteilung der Luftgänge und damit in Verbindung die Verteilung der Mesophyllzellen und somit das ganze Querschnittsbild ist in verschiedener Höhe des Blattes eine ungleiche. An der Blattbasis zeigt der Querschnitt etwa folgendes: über und unter dem Leitbündel des Mittelnerven je ein großer Luftgang, rechts und links vom Mittelnerven vier Gänge übereinander; zwischen Mittelnerv und innerem Längsnerv weiterhin Abnahme der Gänge bis auf zwei übereinander; zwischen innerem und äußerem Längsnerv erst zwei Gänge übereinander, dann nur einzelne; Randpartie ohne weite Gänge, erst mit einschichtigem Mesophyll, dann nur mehr aus den beiden Epidermisplatten

und schließlich einschichtig. Weiter oben erkennt man schon die Abnahme der Interzellularräume und die Verschmälerung der Randpartie: über dem Leitbündel des Mittelnerven noch ein Gang, rechts und links von ihm zwei bis drei Gänge übereinander; weiterhin bis zum inneren Längsnerv je zwei Gänge übereinander; zwischen innerem und äußerem Längsnerv nur einzelne Gänge; schmale Randzone mit ein- bis zweischichtigem Mesophyll. Da, wo die Spreite am breitesten ist, finden sich die folgenden Verhältnisse: über dem Leitbündel des Mittelnerven ein größerer Gang oder dieser fehlend, rechts und links von ihm noch zwei Gänge übereinander; sodann bis zum äußeren Längsnerv nur einzelne Gänge, diese sukzessiv gegen den Blattrand zu, an Weite abnehmend; schmale Randpartie mit ein- bis zweischichtigem Mesophyll. Heben wir noch hervor, daß die Interzellulargänge sich nirgends direkt an die Epidermis anschließen, sondern unter der beiderseitigen Epidermis noch eine großzellige Mesophyllzellenschicht hypodermartig gelagert ist, weiter, daß die Wände, welche die Luftgänge voneinander trennen, nur eine Zelle dick sind, und schließlich, daß die Zellen der Längsscheidewände zwischen den in der Blattfläche nebeneinander liegenden Gängen kleiner sind, als die anderen Mesophyllzellen, namentlich die subepidermalen, so ist das Querschnittsbild für alle Fälle gegeben. Die Nervenleitbündel enthalten keine Tracheen. An Stelle derselben ist, besonders im Mittelnerv, ein größerer Interzellulargang zu sehen. Im unteren Teil des Blattes findet man, besonders im Mittelnerv, aber auch in den seitlichen Längsnerven, den Bastteil durch einen Komplex aus stärkerwandigen, jedoch weiterlumigen, faserartigen Zellen gestützt. Die Sekretzellen (Fig. 8 u. 10—13) sind bereits in der Literatur erwähnt, aber ganz ungenügend beschrieben. Müller (11, p. 41 u. Taf. 7, Fig. 18a und b) hat die braunen Idioblasten der Querdiaphragmen gesehen und abgebildet, Schenck (13, p. 46) spricht bei Beschreibung der Ausläufer von tanninführenden Schläuchen im Leitbündel und auch im Rindengewebe. Was die Sekretzellen vor allem auszeichnet und sie leicht erkennen läßt, das ist der im Herbarmaterial braungefärbte, sekretorische Inhalt. In der lebenden Pflanze ist das Sekret hell und stark lichtbrechend; Chloroplasten fehlen in der Sekretzelle. Beim Trocknen tritt durch Oxydation die braune oder auch rotbraune Färbung auf. Dieselbe Färbung wird sofort oder alsbald erzielt, wenn man die Schnitte vom lebenden Material Dämpfen von konzentrierter Salpetersäure aussetzt oder sie mit Javellescher Lauge behandelt. Bei längerer Einwirkung von Javellescher Lauge bleicht die braune Farbe erst in gelb ab und später tritt völlige Lösung des Sekretes ein. In Alkohol oder Kalilauge löst sich das helle Sekret nicht. Das Sekret enthält Gerbsäure; mit $FeCl_3$- oder $FeSO_4$-Lösung färbt es sich schwarz. Schwarzfärbung erfolgt auch sofort bei Einwirkung von Osmiumsäure. Schließlich ist noch eine wichtige Reaktion zu erwähnen, die das helle Sekret der sämtlichen, verschieden gestalteten Sekretzellen gibt, die Lindtsche Reaktion[1]) mit Vanillinsalzsäure. Mit

[1]) „Myriophyllin" schlechthin, aber ohne Bezeichung des näheren Ortes, hat schon Schilling (18, p. 334) für *Vallisneria spiralis* angegeben.

diesem Reagens tritt nach kurzer Zeit eine schöne blutrote Färbung des Sekretes auf; diese erhält sich im großen und ganzen selbst nach vielstündigem Liegen der Präparate. Mit konzentrierter Salzsäure allein färbt sich der Inhalt nur gelblich bis gelbbraun und

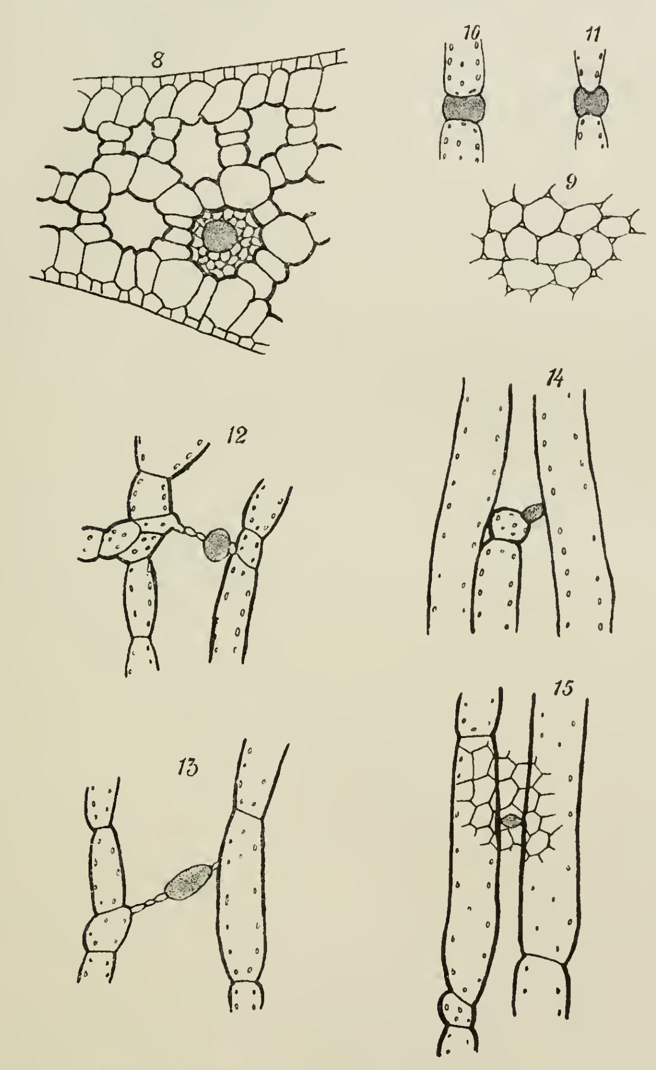


Fig. 8—15. *Vallisneria spiralis*: Fig. 8. Blattquerschnitt in Nähe des Mittelnerven. Fig. 9. Zellen des Querdiaphragmas. Fig. 10—11. Sekretzellen in Mesophyllzellreihen. Fig. 12—13. Sekretzellen der Diaphragmen. Fig. 14—15. *V. alternifolia*: Sekretzellen der Diaphragmen im oberen Teil des Blattes. (Fig. 9 $^{340}/_1$, sonst $^{80}/_1$.)

ist in den Idioblasten homogen, in den anderen Sekretzellen krumös. In morphologischer Hinsicht lassen sich drei Formen von Sekretzellen aufstellen; zunächst typische Idioblasten. Diese finden sich

vornehmlich in den Querdiaphragmen (Fig. 8 u. 12—13), meist einzeln, mitunter auch zu zwei oder drei. In den dickeren Diaphragmen sind sie auf den einschichtigen Rand beschränkt. Sie sind mitunter fast kugelig; doch viel häufiger haben sie die Form einer in senkrechter Richtung zum Diaphragma zusammengedrückten Kugel bis fast linsenförmige Gestalt. Ihr Durchmesser (in der Ebene des Diaphragmas gemessen) beträgt 42—60 μ. Sie springen mit ihren mehr oder weniger stark konvexen Wänden in die Lufträume vor. Bemerkenswert ist auch, daß sie da, wo sie einzeln vorkommen, gewöhnlich nicht in der Mitte des Diaphragmas liegen, sondern seinem Rand genähert sind. Die Sekretzellen des Mesophylls, welche namentlich der subepidermalen Zellschicht angehören und auch in der äußersten Randpartie des Blattes vorkommen, haben gewöhnlich keine besondere Gestalt; auf Flächenschnitten sind sie vierseitig und gestreckt, wie die grünen Mesophyllzellen, nur in der Regel nicht unerheblich kleiner; seltener sind sie rundlich. Gestreckte oder kurze idioblastenartige Sekretzellen (Fig. 10—11) sind außerdem nicht allzu häufig in den Scheidewänden angrenzender Luftgänge. Langgestreckte, bis 360 μ lange und schmale Sekretschläuche kommen endlich in den Leitbündeln der Nerven vor. Die Blätter von *Vallisneria sp.* enthalten auch Schleim, wie sich beim Einlegen frischer, wie getrockneter Blattstücke in Tuschlösung zeigt; auch beim Brechen der frischen Blätter ist der fadenziehende Schleim zu sehen. Seine Provenienz habe ich nicht festgestellt. Kristalle habe ich nicht gesehen. Die Achselschüppchen sind nach Schilling (18) zweizellschichtige, längliche Gebilde, welche Schleim sezernieren. Ihre Zahl (bis sechs) und Stellung zeigt nach Müller (11, p. 43) keine Konstanz.

Zu *Vallisneria*, aber zu dem besonderen Subgenus *Nechamandra* (bei Planchon als Genus) zählen mit Recht Ascherson und Gräbner in den Natürlichen Pflanzenfamilien (l. c., p. 251), gegenüber den englischen Systematikern, die *Vallisneria alternifolia* Roxb. (Syn.: *Nechamandra Roxburghii* Planch., *Lagarosiphon Roxburghii* Benth. et Hook.), welche sich von *V. spiralis* schon durch die „an *Potamogeton crispus* erinnernde Tracht" des Sproßsystems mit kürzeren grasartigen Blättern unterscheidet.[1]) Durch das Vorkommen der braunen Idioblasten in den Querdiaphragmen der Luftgänge paßt sie auch in anatomischer Hinsicht vorzüglich in den Gattungskreis von *Vallisneria*.

Das Blatt von *V. alternifolia* wird der Länge nach von 3—5 Nerven und vielen Luftgängen durchzogen. Sein Rand ist schwach gesägt. Die beiderseitige Epidermis zeigt in der Flächen-

[1]) In den Herbarien finden sich unter *V. alternifolia* zuweilen Pflanzen, die auf anatomischem Weg sofort durch die nahe dem Blattrand gelegenen Sklerenchymfaserbündel des inneren Blattgewebes und die epidermalen Sekretzellen als falsch bestimmt und zu *Blyxa* gehörig erkannt werden können. So ist es z. B. mit der im Herb. Horti bot. Petropolit. unter *Nechamandra* ausgegebenen Pflanze von Maximowicz (Iter sec., Jokohama, 1862, H. M.) und zum Teil mit dem unter Griffith n. 6039 verteilten Material des Herb. of the late East India Company.

ansicht isodiametrisch-polygonale Zellen in ziemlich deutlichen Längsreihen. Nur über den Nerven und am Blattrand, sowie auch an der Blattbasis sind die Zellen stärker gestreckt. Stomata fehlen. Die Randzähne werden von kurzen, spitzen, einzelligen Haaren und den benachbarten Zellen gebildet. Das Mesophyll ist großzellig und besteht aus breit zylindrischen Zellen, die in der Richtung der Blattlängsachse kurz bis außerordentlich langgestreckt (Längsdurchmesser bis 1275 μ bei 105 μ Breitendurchmesser) und dabei in Zellreihen, bezw. in eine Zelle breite Zellstreifen angeordnet sind; zwischen den Zellreihen, bezw. -streifen verlaufen breitere oder schmälere Interzellulargänge; nur am Blattrand trifft man Zelle an Zelle auch in der Breitenrichtung des Blattes aneinander gelagert. Über und unter den Luftgängen schließt sich direkt die beiderseitige Epidermis an. Die Luftgänge sind im unteren Teil des Blattes weiter, im oberen oft sehr schmal, und mit ähnlichen Querdiaphragmen versehen, wie bei *V. spiralis*. Die einschichtigen Diaphragmen sind perforiert, ihre Zellen flach- und kurzarmig-sternförmig. Die Sekretzellen (Fig. 14—15)[1]) haben einen braunen Inhalt. Sie finden sich vorzugsweise in den Querdiaphragmen. Nur vereinzelt traf ich eine kugelige oder anders gestaltete Sekretzelle eingeschaltet in den Mesophyllstreifen. In den Diaphragmen sind die Sekretzellen kugelig oder linsenförmig, zuweilen auch unregelmäßig gestaltet; mit ihren gewölbten Flächen ragen sie meist in die Interzellularräume hinein. Sie kommen zu 2—3 in demselben Diaphragma vor oder sie bilden einzeln mit wenigen anderen Zellen oder schließlich, im oberen Teil des Blattes, allein das Diaphragma. Die Nerven enthalten keine Tracheen und keine Faserzellen. Ebenso fehlen selbständige, d. h. vom Leitbündel unabhängige Faserzellengruppen (im Gegensatz zu bestimmten *Lagarosiphon*-Arten). Winzige kleine nadelförmige und anders gestaltete Kristalle, die nach den Reaktionen aus oxalsaurem Kalk bestehen, fand ich reichlich bei einigen Blättern in der Epidermis.

Untersuchungsmaterial: *V. spiralis* L., pl. v. Hort. E. u. pl. s Herb. E. — *V. alternifolia* Roxb.: Frankenbar, Herb. Schreber.; Griffith n. 6039 partim, Birma and Malay Peninsula; Material des Herb. Schwaegrichen; alle aus H. M.

Literatur: 1. Chatin, p. 18—24 u. pl. IV—V; 2. Chatin, p. 17—21, pl. VII—VIII; 8. Falkenberg, p. 27—30 u. Taf. II, Fig. 11; 11. J. Fr. Müller, p. 31—70 u. Taf. 6—9; 13. Schenck, p. 22, Taf. IV, Fig. 20a—c, p. 46, Taf. VIII, Fig. 45 u. p. 62, Taf. X, Fig. 83; 18. Schilling, p. 333—335 u. Fig. 1 auf p. 334; 22. Kirchner, Löw u. Schroeter, p. 688—696.

6. **Blyxa.**

Die Blattstruktur dieser Gattung konnte nicht in dem wünschenswerten Maße untersucht werden, da mein Material sich unzulänglich erwies. Die Blätter von *Blyxa* sind bekanntlich grasblattartig lineal und werden vom Mittelnerv und einem oder mehreren

[1]) Goebel (Pflanzenbiolog. Schilderungen, II, 2, 1893, p. 33) spricht von einem massenhaften Vorkommen von „Schleimzellen“ im Innern des Gewebes.

Paaren seitlicher Längsnerven durchzogen. Für die Gattungscharakteristik sind folgende anatomische Merkmale anzuführen: Die Anordnung der Epidermiszellen in Längsreihen, das Vorkommen von weiten Luftgängen, die parallel zu den Nerven verlaufen und Querdiaphragmen haben, die Zusammensetzung des Mesophylls aus zylindrischen, in der Längsrichtung des Blattes gestreckten Zellen, welche die nur eine Zelle breiten Längsscheidewände zwischen den benachbarten Luftgängen bilden, das Fehlen der Spaltöffnungen und Nerventracheen, das Auftreten von Randfaserbündeln, die dem inneren Blattgewebe angehören und eine schmale „Randzone" von einem sehr breiten „Mittelfeld" der Blattspreite abgrenzen, und schließlich epidermale Sekretzellen mit harzigem, farblosem Inhalt.

Die Blattepidermis zeigt in der Flächenansicht die Zellen in Längsreihen, parallel zu den Nerven, und bald mehr oder weniger gestreckt, bald fast isodiametrisch-polygonal. In wieweit diese Verhältnisse für die Art konstant sind, konnte nicht festgestellt werden, da hierzu das Blatt in seiner ganzen Länge hätte untersucht werden müssen. Bei *Bl. radicans* fand ich im Mittelfeld die Zellen oberseits wenig gestreckt und vierseitig bis polygonal bei einem Breitendurchmesser von 36—50 μ, unterseits stärker gestreckt und schmal (18—24 μ), bei *Bl. octandra* die beiderseitigen Epidermiszellen vierseitig, mehr oder weniger gestreckt und in der Breite wenig voneinander verschieden, beim Frankenbarschen Material ziemlich isodiametrisch-polygonal etc. Die oben erwähnte Randzone des Blattes wird nur von den beiden Epidermisplatten und der mehr oder weniger hervortretenden Blattkantenzellenreihe gebildet. Einzelne Zellen der letzteren sind bei allen Materialien, außer der glatt-blattrandigen *Bl. radicans,* zu verschieden stark entwickelten spitzen Haaren ausgewachsen, welche mit Zellen derselben Zellreihe und zuweilen auch benachbarten zusammen die feine Sägezähnelung des Randes verursachen. Das Mesophyll ist nur in dem breiten, die äußersten Längsnerven noch einschließenden Mittelfeld entwickelt, zwischen den von grundgewebeartigem Parenchym umhüllten Leitbündeln der Nerven. Es wird in der Richtung der Nerven von Interzellulargängen durchzogen. Seine Zellen sind zylindrisch, in der Längsrichtung des Blattes gestreckt und bilden die nur eine Zelle breiten Längswände zwischen den in der Blattfläche nebeneinander liegenden Luftgängen. Über und unter diesen scheint nach dem Befund bei *Bl. octandra* direkt die Epidermis zu liegen. Die Diaphragmen bestehen bei *Bl. octandra* aus schwach sternförmigen, kurz- und flacharmigen Zellen, sind also perforiert. Das Mittelfeld ist in den beiden Hälften der Spreite gegen die schmale, nur drei bis acht Zellreihen breite Randzone durch ein Randfaserbündel (Fig. 16) abgegrenzt, das dem inneren Blattgewebe angehört und meist von einer größeren Zahl dickwandiger und englumiger Faserzellen gebildet wird. Bei *Bl. radicans* liegen diesen Randfaserbündeln auf der der Mittelrippe zugekehrten Seite die beiden einzigen seitlichen Längsnerven direkt an, während sonst nicht immer Leitbündelstränge an die Randfaserbündel herantreten. Die Zahl der seitlichen Längsnerven beträgt in den anderen Materialien zwei bis drei Paare.

Die Leitbündel der sämtlichen Nerven sind in allen Materialien an ihrer Unterseite von Hartbastfasern begleitet. Bei *Bl. radians* findet sich im Mittelnerven ein einziges Bastfaserbündel, bei *Bl. octandra* deren zwei in seitlicher Lagerung. Tracheen fehlen. Das bemerkenswerteste anatomische Merkmal bilden die Sekretzellen (Fig. 16—17), welche nur in der Epidermis vorkommen. Sie enthalten ein farbloses, harziges Sekret, das sich mit Jodjodkalium gelb färbt, mit Osmiumsäure bräunt und in Alkohol gewöhnlich rasch löst. In der Flächenansicht erscheinen die Sekretzellen entweder elliptisch und in gleicher Richtung, wie die anderen Epidermiszellen gestreckt, von diesen nur wenig verschieden, oder aber kreisrund und dabei oft klein, im zweiten Fall also als deutliche Idioblasten. Die kreisrunden Idioblasten sind häufig dadurch ausgezeichnet, daß sie in gerade umgekehrter Weise, wie sonst Sekretzellen, mit

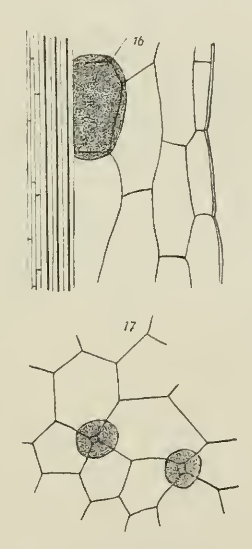


Fig. 16. Blattrand von *Bl. radicans* mit dem innern Faserbündel u. einer Sekretzelle.
Fig. 17. Blattepidermis von *Bl. sp.* (Frankenbar) mit Sekretzellen. — ($^{250}/_{1}$).

einer größeren vorgewölbten Fläche an der Bildung der Blattoberfläche teilnehmen, während sie sich gegen das innere Blattgewebe zu keilförmig verschmälern (Fig. 17). Die Sekretzellen liegen meist einzeln, zuweilen (Randzone von *Bl. octandra*) zu zwei hinter- oder nebeneinander. Das Vorkommen von Sekretzellen ist mitunter auf die beiderseitige Epidermis der Randzone beschränkt. In anderen Fällen trifft man sie auch im Mittelfeld an, dort über dem Mittelnerv oder auch vereinzelt oder zahlreich zwischen den Nerven. Bei *Bl. radicans* sah ich elliptische und runde Sekretzellen nur in der Randzone, — bei *Bl. octandra* elliptische und runde, bei *Bl. Griffithii* und dem Material von Hooker f. und Thomson (partim) runde Sekretzellen in der Randzone und im Mittelnerv, wozu noch bei den zuerst genannten zwei Arten einzelne Sekretzellen im Mittel-

feld selbst kommen, — beim Material von Frankenbar runde Sekretzellen im Blattrand und reichlich im Mittelfeld (dort auch beiderseits). Die Zahl der Sekretzellen ist meist nicht spärlich. Daß sie aber zuweilen sehr beträchtlich an Menge zurücktreten können, zeigte mir die fruktifizierende Pflanze des Materials von Hooker f. und Thomson, welche nach der Samenbeschaffenheit zu *Bl. echinosperma* (Clarke) Hook. f. et Th. gehört, an deren Präparaten ich nur einmal in der Randzone eine Sekretzelle sah.

Untersuchungsmaterial: *Bl. Griffithii* Planch., Wallich, India or., exempl. sinistr., H. M. — *Bl. octandra* Planch., Hildebrandt n. 2805, Madagascar, H. M. — *Bl. radicans* Ridley, Baum n, 827, Kunene-Sambesi-Expedit., H. M. — *Bl. sp.*, Frankenbar, H. M. — *Bl. sp.*, Hooker f. et Thomson, Bengal, H. M.

7. Enalus.

Die monotypische Gattung besitzt bandförmige Blätter vom Vallisneriatypus. Dieselben werden der Länge nach von vielen (etwa bis 20), nach oben an Zahl abnehmenden und wenig hervortretenden Nerven und vielen Luftkanälen durchzogen. Der Blattrand zeigt bis zur Basis herab feine eigentümliche Unebenheiten, die eine Zähnelung verursachen. Wie schon Sauvageau (16) angab, der auch die Anatomie dieses Seegrases näher untersuchte, sieht man an der Basis der Pflanze Blattreste in Form von 30 cm und mehr langen, nach oben feiner werdenden fadenförmigen Gebilden, die im wesentlichen aus dem Hartbastbündel des Blattmittelnerven bestehen und an ihrem Grund noch in den Blattscheideresten eingebettet sind; sie sind für *Enalus* außerordentlich charakteristisch. Von wichtigen anatomischen Kennzeichen sind zunächst kurz die folgenden aufzuzählen: Die Anordnung der relativ kleinen Epidermiszellen in Längsreihen, das Fehlen der Spaltöffnungen, das Vorkommen zahlreicher, auf dem Blattquerschnitt in einer Reihe angeordneter weiter Luftgänge, das großzellige und dabei meist ziemlich kurzzellige Mesophyll, welches beiderseits eine subepidermale Zellschicht, das Grundgewebe der Nerven und die nur eine Zelle breiten Scheidewände zwischen je zwei benachbarten Luftgängen zusammensetzt, das Fehlen typischer Tracheen und das Vorkommen von Sklerenchymfasergruppen in Begleitung der Nervenleitbündel, dann ganz besonders auch das Nebeneinandervorkommen von kleineren Leitbündelsträngen, von denen die einen mehr der oberen Epidermis, die anderen mehr der unteren genähert, und die oberen mit Rücksicht auf die Lagerung der Sklerenchymfasergruppen (Hartbast) als verkehrt orientiert (d. h. mit dem Bastteil nach oben gerichtet) anzusehen sind, weiter das Auftreten von sehr kurzen bis sehr langgestreckten, im Herbarmaterial mit rotbraunem Inhalt erfüllten Sekretzellen, und schließlich auch die reichliche Ausscheidung von Kalkoxalatnädelchen in der beiderseitigen Epidermis.

Ein Blattquerschnitt durch den oberen Teil der Spreite, nicht allzu nahe der Blattspitze, zeigt etwa folgendes Bild: Unter der gleichbeschaffenen Epidermis der Ober- und Unterseite im all-

gemeinen je eine Lage des großzelligen Mesophylls; dann in der Mitte des Querschnittes eine einzige Reihe zahlreicher weiter querdurchschnittener Luftgänge, diese voneinander geschieden durch die nur eine Zelle breiten und 1 bis 2 Zellen hohen Längsscheidewände oder aber durch Nerven mit reichlicherer, meist auch kleinerzelliger Entwicklung des Mesophylls in Umgebung der Leitbündel; 3 Leitbündel, das des Mittelnerven und die der zwei dem Blattrand genäherten Nerven stärker entwickelt und etwa in der Mittelebene des Blattes, auch mit kräftigen Hartbastsicheln, die Leitbündel der übrigen Längsnerven schwächer, gewöhnlich, doch nicht ganz regelmäßig, abwechselnd entweder mehr der Oberseite oder mehr der Unterseite genähert und stets über einer Scheidewand von zwei benachbarten Luftgängen (womit allerdings nicht gesagt sein soll, daß sich oberhalb oder unterhalb jeder Scheidewand ein Leitbündel befindet), sohin annähernd in zwei Reihen auf dem Blattquerschnitt, dabei in der oberen Reihe mit dem Hartbast nach oben (verkehrt), in der unteren nach unten (normal orientiert). Im Anschluß daran mag nach Sauvageau (16, siehe auch 24, Cunnington bezüglich der Struktur des Blattgrundes) gleich angeführt sein, daß das Querschnittsbild in den verschiedenen Niveaux der Spreite sich etwas verschieden verhält. An der Basis der Blattscheide zeigt der Querschnitt unterseits ein dichtes, drei- bis fünfschichtiges Mesophyll, diesem die ausschließlich normal orientierten Leitbündel eingelagert, von denen das des Mittelnerven mit einem besonders kräftigen Bastfaserkomplex versehen ist, — und darüber die einzige Reihe querdurchschnittener Luftgänge, diese voneinander getrennt durch Scheidewände, die nur eine Zelle breit sind und senkrecht zur oberseitigen Epidermis oder einer subepidermalen Zellage verlaufen. An der Spitze der Blattscheide haben die Leitbündel noch dieselbe dorsale Lagerung und durchweg noch die normale Orientierung; aber das Mesophyll ist über den Luftgängen ober- wie unterseits auf die subepidermale Zellschicht beschränkt, natürlich abgesehen von den Stellen, an welchen die Leitbündel verlaufen. An der Spitze der Blattspreite, genauer etwa 1 cm unter derselben, trifft man eine Abnahme in der Zahl der Leitbündel und die Leitbündel sozusagen nur in einer Reihe auf dem Querschnitt an, doch auch noch verkehrt orientierte.

Die Epidermiszellen der beiden Blattseiten haben annähernd dieselbe Struktur. Sie sind in der Fläche vierseitig, in Längsreihen angeordnet und wenig gestreckt. Die nur mit einer dünnen Kutikula versehenen Außenwände sind dick und dringen mit keilförmig sich verschmälernden Leisten gegen die Seitenwände vor, so daß die gesamten Seitenränder dick erscheinen. In jeder Epidermiszelle findet sich eine größere Zahl von feinen nadelförmigen, zum Teil doppeltbrechenden Kristallen, die nach den chemischen Reaktionen aus Kalkoxalat bestehen. Stomata fehlen. Das Mesophyll ist großzellig. Seine Zellen sind in Richtung der Blattlängsachse als kurz, nämlich nie stark und mitunter nicht gestreckt zu bezeichnen und stets, auch in der hypodermalen Schicht, in Längsreihen angeordnet. Die weiten Interzellulargänge sind

bisweilen, wie bei anderen Wasser- und auch Landpflanzen (siehe Schenck, in den Berichten der deutschen bot. Gesellschaft, III, 1885, p. 217 225 u. Taf. XIV) mit einer eigentümlichen hautartigen und kutikulaähnlichen Membran ausgekleidet, über deren Reaktionen weiter unten berichtet wird. Ihre Querdiaphragmen bestehen, soweit sie einschichtig sind, aus zusammengedrückt-rundlichen Zellen, die kleine dreieckige Interzellularräume zwischen sich nehmen. Über die Struktur der Nervenleitbündel ist zu den obigen Ausführungen zunächst noch hinzuzufügen, daß die verkehrte Orientierung der Leitbündel der oberen Reihe (mit Bastteil nach oben und Holzteil nach unten) schon von Magnus (6) und Sauvageau (16) hervorgehoben wurde. Die verschiedene

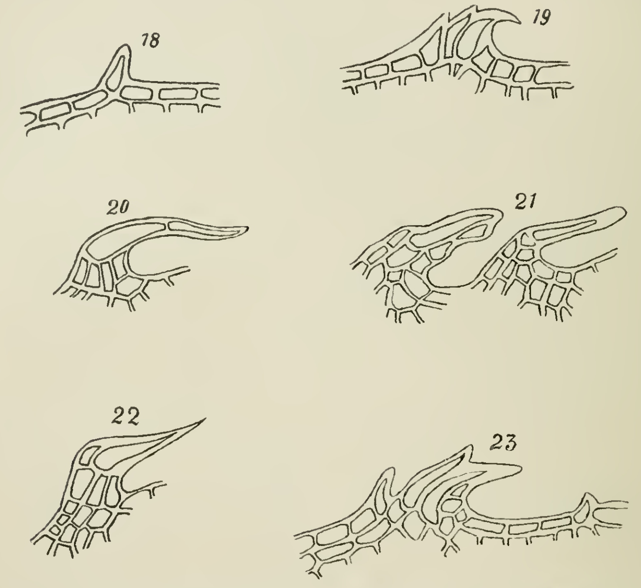


Fig. 18—23. Unebenheiten des Blattrandes von *Enalus* ($^{80}/_{1}$).

Orientierung des Bastteiles in den beiden Reihen der Gefäßbündel läßt sich im wesentlichen daraus folgern, daß fast alle diese Leitbündel bis auf einige schwache und meist der Blattoberseite genäherte, von einem mehr oder weniger stark entwickelten Sklerenchymfaserbogen oder einer größeren oder kleineren Sklerenchymfasergruppe, die den Bastteil markieren, nur auf der einen Seite begleitet sind, auf der unteren bei den normal orientierten der unteren Reihe oder auf der oberen bei den verkehrt orientierten der oberen Reihe. In den Längsnerven habe ich keine Tracheen nachweisen können; dagegen solche mit unvollkommener und vollkommener ringförmiger Verdickung in den Leitbündeln der Diaphragmen. Cunnington (24, p. 360) erwähnt „spiral or reticulate vessels" für größere und kleinere Leitbündel. Der Blattrand zeigt in seiner ganzen Länge verschieden gestaltete zahnartige Unebenheiten (Fig. 18—23), an

deren Bildung eine oder mehrere haarartig ausgebildete Zellen der Blattkantenzellenreihe und benachbarte Zellen beteiligt sind und deren mannigfache Struktur die Figuren viel besser zeigen als eine ausführliche Beschreibung. Die komplizierteren Formen derselben zeigen eine Annäherung an die Blattrandgebilde, welche Magnus für *Thalassia* und die Potamogetonacee *Cymodocea* unter dem treffenden Namen „Flossenzähne" beschrieben hat. Die Sekretzellen, welche auch schon Magnus erwähnt hat, machen sich am getrockneten Blatt im durchfallenden Licht als braune Punkte oder bis 4—5 mm lange braune Linien bemerkbar. Der Form nach lassen sich zunächst schlauchförmige Sekretzellen unterscheiden, die mäßig gestreckt bis sehr lang sind; die längsten erreichten in meinen Präparaten 3 1/2 mm, wobei nur das eine Ende zu sehen war. Dieselben verlaufen über oder unter den Längsscheidewänden oder

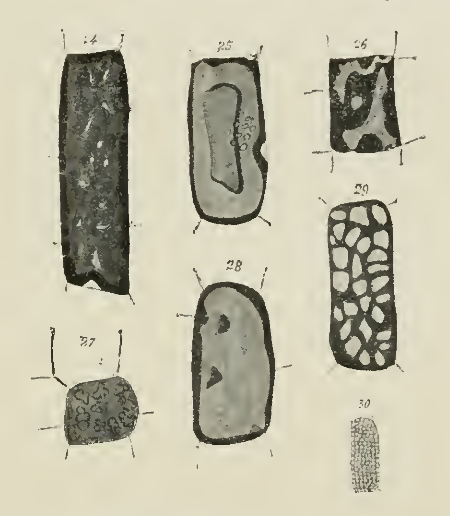


Fig. 24—30. Sekretzellen von *Posidonia Caulini* (200/1).

beiderseits in den Nerven und gehören der subepidermalen Zellschicht an. Schlauchförmig gestreckte Sekretzellen finden sich außerdem in dem Leitbündelgewebe. Breitere, kurze oder doch nie länger gestreckte Sekretzellen trifft man in der subepidermalen Zellschicht, dort beiderseits über den Längsscheidewänden und seltener auch über den Luftgängen, dann aber auch im Innengewebe des Blattes, nämlich im Begleitparenchym der Nerven und in den Längsscheidewänden, an. Hin und wieder beobachtet man das braune Sekret auch in gewöhnlichen Epidermiszellen. Das Sekret ist gerbsäurehaltig. Nach längerer Einwirkung von $FeSO_4$- oder $FeCl_3$-Lösung färbt es sich schwärzlich, während in den Epidermiszellen sofort schwärzliche Färbung auftritt. Mit Javellescher Lauge wird es allmählich entfärbt, erst gelblich, dann farblos; die farblose Grundsubstanz quillt mit Wasser auf und löst sich. Daß diese Grundsubstanz in Wasser löslich ist, ist schön zu sehen,

wenn man nicht ganz entfärbt und Wasser zusetzt. An dieser Stelle ist noch beizufügen, daß die oben erwähnte braune hautartige Auskleidung der Interzellularen dasselbe Verhalten mit Javellescher Lauge und Wasser zeigt. Die von Cunnington beschriebenen Achselschüppchen treten in großer Zahl (10—12) an der Blattbasis auf, sind vielschichtig (24, Fig. 5) und schließen im Innengewebe auch einzelne Sekretzellen ein.

Ich komme an dieser Stelle noch auf den Inhalt der ähnlich beschaffenen Sekretzellen eines anderen Seegrases, der *Posidonia Caulini* Koen. (Potamogetonac.), zu sprechen, weil mir von diesem nicht nur getrocknetes Material, sondern auch lebendes, durch die zoologische Station von Neapel, zur Hand war und ich da feststellen konnte, daß das „braune" Sekret ursprünglich hell ist und das frische und helle die Lindtsche Reaktion gibt. *Posidonia* besitzt nach Sauvageau (Feuilles des Monocotylédones aquatiques, in Ann. sc. nat., Sér. 7. T. XIII, 1891, p. 159, 212, 245 sqq. u. p. 294) gleich den Gattungen *Ruppia*, *Cymodocea* und *Halodule* aus derselben Familie Sekretzellen mit einem fast immer „braun orangefarbenen", selten (*Cymodocea* z. T.) farblosen Inhalt. Die Sekretzellen der *P. Caulini* gehören zum größten Teil dem Mesophyll an und sind von den gewöhnlichen Mesophyllzellen wenig, nur zuweilen durch eine stärkere Streckung verschieden. Sie finden sich aber auch in den Leitbündeln. Das Sekret ist in den intakten Teilen des lebenden Blattes hell, ungefärbt, so daß es nicht leicht ist, auf Flächenschnitten die übrigens chlorophyllosen Sekretzellen aus den chlorophyllführenden Nachbarzellen herauszufinden. Das helle Sekret gibt die folgenden Reaktionen. Mit Javellescher Lauge wird es rasch rotbraun, ebenso braun oder gelbbraun mit Salpetersäuredämpfen. Ein junges frisches Blatt, Salpetersäuredämpfen ausgesetzt, läßt nach kurzer Zeit die ganze Fläche im durchfallenden Licht braun punktiert oder kurzgestrichelt erkennen. Mit Eisenchloridlösung wird das Sekret krumös und schwarz. In Alkohol und Äther ist es nicht löslich und erscheint homogen und etwas gelbbraun. Mit Vanillinsalzsäure tritt eine schöne purpurrote Färbung auf. Dabei ist das Sekret in einzelnen Zellen mehr kompakt und heller gefärbt, in anderen krumös und dunkler. In den getrockneten Materialien ist das Sekret tiefbraun bis gelbbraun gefärbt, tiefbraun insbesonders an den Blattspitzen. Dabei zeigt dasselbe mitunter ganz besondere Ausscheidungsformen (Fig. 24—30). Nicht selten tritt es in Form einer schlauchartigen, der Zellwand angedrückten und ziemlich dicken Membran entgegen. Diese ist entweder glatt oder von wenigen runden oder von zahlreichen verschieden gestalteten kleineren oder größeren tüpfelähnlichen Löchern oder wirklich tüpfelartigen Stellen unterbrochen, so daß sie wie eine spärlich oder reichlich getüpfelte oder netzartig verdickte Wand aussieht. In anderen Zellen sind der Sekrethaut nach innen zu kleine bis große warzige Sekrettuberanzen in kleiner oder großer Zahl aufgelagert, oder es liegen diese direkt der Zellwand auf. Andere Zellen erscheinen wie erfüllt mit einer festgewordenen schwammig-vakuoligen Masse.[1]) Diese Strukturen traf ich auch im lebenden Material an den schon schwärzlich gewordenen Blattspitzen, dort neben Sekretzellen mit hellem Inhalt an. Die Sekrethaut, die Warzen u. s. w. waren hier noch hell, nicht braun gefärbt, und gaben mit Vanillinsalzsäure typische Lindtsche Reaktion. Bemerkenswert ist,

[1]) Ähnliches hat Schilling (18, p. 304 u. Fig. 3) in den Köpfchenhaaren von *Euryale ferox* (Nymphaeac.) beobachtet.

daß die erwähnten Strukturen durch Einwirkung von Jodjodkalium auf das frische Sekret unter Gelbbraunfärbung hervorgerufen werden. Die braungefärbten Sekretmassen, Sekrethäute u. s. w. werden bei langer Einwirkung der Javelleschen Lauge erst hellgelb und schließlich gelöst.

Untersuchungsmaterial: *E. Koenigii* Rich., Zollinger n. 3427, Celebes, H. E.

Literatur: 2. Chatin, p. 15—16 u. pl. VI; 6. Magnus, p. 87; 15. Ascherson u. Gürke, p. 241; 16. Sauvageau, p. 269—275; 24. Cunnington, p. 355—371 u. pl. 36.

8. **Thalassia.**

Wie *Enalus*, besitzt auch dieses marine Genus riemenförmige Blätter, die von mehreren Längsnerven durchzogen sind. Die Zahl der Quernerven ist hier eine so große, daß die Blattfläche in zahlreiche längliche Vierecke gefeldert ist. Die Blattanatomie ist schon durch die Untersuchungen von Magnus (6) und Sauvageau (16) ziemlich gut bekannt. Für die anatomische Diagnostik sind die folgenden Merkmale von Wichtigkeit: Die beiderseits kleinzellige Epidermis, deren Zellen in der Flächenansicht ziemlich isodiametrisch sind und abgerundete Lumina zeigen, das großzellige, aus kurzen Zellen zusammengesetzte und in der Längsrichtung des Blattes von einer Reihe weiter Interzellulargänge durchzogene Mesophyll, wobei nur eine Zelle breite Scheidewände die benachbarten Gänge trennen, das Fehlen von Spaltöffnungen und typischen Tracheen, das Vorkommen von subepidermalen Sklerenchymfaserbündeln, welche den Leitbündeln der Längsnerven entsprechend gelagert sind, auf beiden Blattseiten, sowie von Randfaserbündeln, dann mit braunem Inhalt erfüllte, meist schlauchförmig gestreckte Sekretzellen im Mesophyll oder auch Leitbündelgewebe, schließlich kleine Kalkoxalatkristalle, insbesondere in der Blattepidermis, und die eigentümlichen „Flossenzähne" des Blattrandes in der Nähe der Blattspitze.

Die Epidermis von Blattober- und Unterseite hat die gleiche Struktur. Sie besteht aus kleinen, in der Flächenansicht annähernd vierseitigen und isodiametrischen, in Längsreihen angeordneten Zellen mit ziemlich starken Außen- und Seitenwänden. Ihr Lumen erscheint in der Flächenansicht durch ungleichmäßige Verdickung abgerundet. Sie enthält bei beiden Arten Kalkoxalat. Bei *Th. Hemprichii* findet sich in jeder Zelle ein Haufen kleiner hendyoëdrischer oder andersgestalteter doppeltbrechender Kristalle, bei *Th. testudinum* zumeist kleinere, oft sandartige Kristallkörper; die zweite Art enthält größere, meist stabförmige, anscheinend dem quadratischen System zugehörige Kristalle in der hypodermalen Zellschicht. Das Mesophyll ist großzellig und je nach der Stelle am Blatt 2 bis 7 Zellen dick. Unter den beiden Epidermisplatten zeigt der Querschnitt je eine großzellige hypodermartige Mesophyllzellenlage, zwischen diesen beiden eine Reihe von Interzellulargängen, die an Weite gegen den Blattrand zu abnehmen und entweder durch das Gewebe der Nerven (Leitbündel mit dem dieselben

umschließenden Mesophyllgewebe) oder durch die nur eine Zelle breiten und bis 4 Zellen hohen Längsscheidewände voneinander getrennt sind. Die inneren Mesophyllzellen zeigen gewöhnlich einen kleineren Querschnitt als die subepidermalen. Bei *Th. Hemprichii* beobachtete ich zuweilen ähnliche hautartige Auskleidungen der Luftgänge wie bei *Enalus*. Die Querdiaphragmen sind in den einschichtigen Teilen aus rundlichen Zellen zusammengesetzt und durch dreieckige Interzellularen perforiert. Bezüglich der Nerven ist für die Gattung ganz besonders das Auftreten von subepidermalen, mehr oder weniger kräftig entwickelten Sklerenchymfaserbündeln charakteristisch, welche den inmitten des Mesophylls gelegenen Leitbündeln entsprechend gelagert sind, sozusagen subepidermal gerückte Festigungselemente der Blattnerven bilden. Ihre Faserzellen sind mehr oder weniger dickwandig und englumig. Die Faserbündel finden sich gewöhnlich in allen seitlichen Längsnerven, und zwar ober- und unterseits. Nur selten, namentlich in der Nähe des Blattrandes, fehlen sie auf der einen Seite oder auf beiden. Der Hauptnerv verhält sich bezüglich dieser Faserbündel verschieden bei den beiden Arten. Man gewinnt dadurch ein Unterscheidungsmerkmal, das schon Magnus und Sauvageau im wesentlichen richtig hervorgehoben haben. Bei *Th. Hemprichii* besitzt das Leitbündel des Mittelnerven auf der Holz- und Bastseite, und zwar in Berührung mit dem Leitbündelgewebe je ein Sklerenchymfaserbündel; subepidermale Fasergruppen fehlen gewöhnlich im Mittelnerv. Hierzu ist aber zu bemerken, daß ich bei der in Rede stehenden Art auf einem Teil der Schnitte zweizellige subepidermale Fasergruppen über dem Leitbündel des Mittelnerven antraf und sodann in dem einen von den beiden dem Mittelnerv zunächst gelegenen seitlichen Längsnerven keine subepidermalen Faserbündel, sondern nur ein Faserbündel unterseits und zwar in Berührung mit dem Leitbündelgewebe, 1—2 Zellen von der Epidermis getrennt. Für *Th. testudinum* ist charakteristisch, daß sich auch über und unter dem Leitbündel des Mittelnerven gut ausgebildete subepidermale Faserbündel finden, während in Berührung mit dem Leitbündelgewebe keine Faserzellen oder doch nur vereinzelte und schwächer verdickte zu beobachten sind. Typische Tracheen fehlen in den Leitbündeln; der Holzteil der größeren enthält einen ziemlich weiten Luftgang. Dagegen beobachtete ich bei beiden Arten in den Längsnerven und auch in den Leitbündeln der Querdiaphragmen Zellen mit vollkommenen oder unvollkommenen ringförmigen Verdickungen. Die Randfaserbündel bestehen aus größeren oder kleineren Komplexen von ähnlich beschaffenen Sklerenchymfasern, wie in den subepidermalen Fasergruppen. Sie liegen aber nicht subepidermal, sondern ein bis zwei Zellen tief unter der Epidermis. Stellenweise treten an sie die Leitbündel der nächstgelegenen Seitennerven heran, so daß man dann von einem Randleitbündel sprechen könnte. Die eigentümlichen Flossenzähne (Fig. 31) in der Nähe der Blattspitze sind für beide Arten schon ausführlich von Magnus und Sauvageau beschrieben worden. Der Unterschied in ihrer Ausbildung bei den zwei Arten ist nur ein gradueller. Das gemein-

same in der Struktur besteht darin, daß mehrere nebeneinander gelegene Kantenzellen des Blattrandes verschieden stark schlauchartig gegen die Blattspitze zu ausgewachsen und daß deren Längswände miteinander verwachsen sind, so daß ein fischflossenähnliches Gebilde zustande kommt. Die Lumina der Kantenzellen verschmälern sich dabei kegelförmig nach außen, während die Wanddicke zunimmt. Bei *Th. testudinum* sind die Flossenzähne viel kräftiger und viel mehr typisch, als bei *Th. Hemprichii*; nicht nur die Zahl der an ihrer Bildung beteiligten Kantenzellen ist eine größere, sondern es nehmen an der Zahnbildung auch Zellkomplexe der beiderseitigen Epidermis, sowie das innere Blattgewebe teil.[1]) Bei *Th. Hemprichii* springen auch mitunter, wie die Abbildung von Magnus in den Natürl. Pflanzenfamilien (15, Fig. 181, p. 241) zeigt, die einzelnen Kantenzellen mit ihren Spitzen hervor. Was

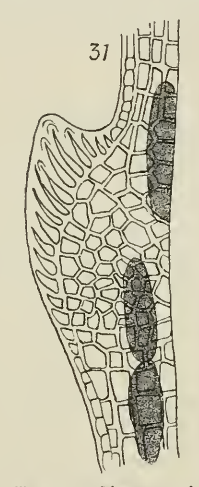


Fig. 31. Blattrand von *Th testudinum* mit einem Flossenzahn ($^{80}/_{1}$).

schließlich die schon von Sauvageau (16) kurz beschriebenen Sekretzellen anlangt, so haben sie im trockenen Material einen braunen Inhalt und sind meist schlauchförmig, zuweilen auch kurz. Sie treten als braune Punkte oder Striche (letztere bis 1 mm lang) dem freien Auge entgegen. Die schlauchförmigen erreichen nach den Messungen unter dem Mikroskop bei *Th. Hemprichii* eine Länge von 700 μ, bei *Th. testudinum* eine solche von 420 μ. Der braune Inhalt erfüllt gewöhnlich die ganze Zelle. Bei *Th. Hemprichii* fand ich aber in einzelnen Sekretzellen ein hautartig ausgebildetes und

[1]) Typische „Flossenzähne“ finden sich bekanntlich auch bei der Potamogetonacee *Cymodocea* (z. B. *C. ciliata* Ehrenb.), aber nicht bei allen Arten. Dieses Seegrasgenus hat im übrigen auch mit braunem oder farblosem Inhalt versehene, aber meist der Blattepidermis, seltener dem Innengewebe angehörende Sekretzellen, und bei einem Teil der Arten auch subepidermale und den Leitbündeln korrespondierende Faserzellenbündel. (Siehe Magnus (4) u. in Sitzber. d. naturf. Freunde, Berlin 1872, p. 30 u. 31, sowie Sauvageau, in Ann. sc. nat., Sér. 7, T. XIII, 1891, p. 212–245.)

nach innen mit warzenförmigen Auflagerungen versehenes Sekret, ähnlich wie bei *Posidonia*. Das Sekret färbt sich mit $FeCl_3$-Lösung allmählich schwärzlich, während derselbe Farbenton sofort in den Epidermiszellen nach der Einwirkung des Reagens auftritt. Durch Javellesche Lauge wird es allmählich entfärbt und schließlich gelöst. Die Sekretzellen kommen nur im Innengewebe vor. Bei *Th. Hemprichii* konstatierte ich sie mitunter in der subepidermalen Mesophyllzellenschicht, häufiger aber tiefer im Mesophyll, dort in den Längsscheidewänden und in dem die Leitbündel umhüllenden Parenchymgewebe, auch in den Leitbündeln selbst; bei *Th. testudinum* dagegen nur in der subepidermalen Mesophyllschicht.

Untersuchungsmaterial: *Th. Hemprichii* Aschers., Schweinfurth n. 6, Eritrea u. Schweinfurth n. 186, Arakea, H. M. — *Th. testudinum* Koenig, Sintenis n. 5, Portorico. H. M.

Literatur: 6. Magnus, p. 85; 15. Ascherson u. Gräbner, p. 241; 16. Sauvageau, p. 289—293.

9. **Stratiotes.**

Die linealisch-lanzettlichen, am Grunde rinnigen, dicklichen und am Rand stachelig gesägten Blätter, welche der einzigen Art den Namen Wasser-Aloë eingetragen haben, werden von zahlreichen stärkeren (5 und mehr) und schwächeren Längsnerven, die auch durch Quernerven verbunden sind, und in gleicher Richtung von vielen Luftkanälen, die im allgemeinen durch einzellschichtige Wände voneinander getrennt sind, durchzogen. In anatomischer Hinsicht sind hervorzuheben: Die Spaltöffnungsapparate, deren Schließzellenpaare auf den beiden Längsseiten zumeist von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet sind und zueinander parallel und mit der Spaltrichtung parallel zu den Längsnerven liegen; das Vorkommen von typischen, spiralig verdickten Tracheen in den Nervenleitbündeln; das ganze Leitbündelsystem selbst, insofern es sich zusammensetzt einmal aus größeren, gegen den Blattrand zu kleineren, in Bezug auf Holz- und Bastteil normal orientierten und in der Mitte des Mesophylls eingebetteten Leitbündeln und dann noch aus 2 Reihen kleiner Leitbündel, von denen die eine näher der Blattoberseite, die andere näher der Unterseite liegt und die obere aus verkehrt orientierten Leitbündeln (mit dem Bastteil nach oben), die untere aus normal orientierten besteht; schließlich die Sekretzellen mit hellem Inhalt in der lebenden Pflanze, mit braunem in der getrockneten, im Mesophyll und in den Leitbündeln vorkommend und zum Teil idioblastenartig. Palisadenartiges Assimilationsgewebe findet sich nur in den über dem Wasserspiegel hervortretenden Blatteilen.

Die Entwicklung des Mesophylls und die Reichlichkeit und Verteilung der Luftgänge variiert in den verschiedenen Niveaux der Blattlänge. Dazu kommt noch, daß die Blätter ganz oder nur zum Teil submers sind und damit auch eine Verschiedenheit der Struktur verknüpft ist. Ich untersuchte zunächst ein fast 30 cm.

langes Blatt, welches sich mit einem ziemlich langen oberen Teil über dem Wasser erhob. Ein Querschnitt durch den oberen Teil zeigt unter der beiderseitigen, mit Spaltöffnungen besetzten Epidermis ein viel-, aber unregelmäßigschichtiges palisadenähnliches Gewebe aus breitgliedrigen, senkrecht zur Blattfläche mäßig gestreckten und abgerundeten Zellen, in der Mitte eine Reihe mehr oder weniger weiter, quer durchschnittener Luftgänge, zwischen diesen Parenchymgewebe, dessen Zellen auf dem Querschnitt rundlich, im Flächenschnitt mäßig gestreckt in Längsrichtung des Blattes sind. Benachbarte Luftgänge sind dabei häufig durch Gewebebrücken getrennt, die nur 1 Zelle breit sind. Gegen den submersen unteren Teil des Blattes zu verliert der peripherische Gewebemantel allmählich seinen palisadengewebeartigen Charakter. An Stelle des Palisadengewebes tritt in dem in Rede stehenden Blatt eine meist 3—4 (in anderen Blättern noch mehr) Zellen dicke Parenchymschicht, deren Zellen einen verschieden großen

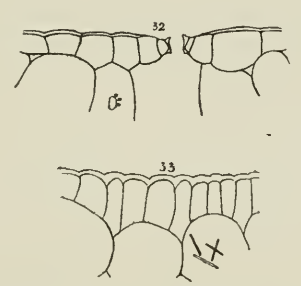


Fig. 32 – 33. Blattepidermis und darunter gelegenes Gewebe eines halbsubmersen Blattes im Querschnitt; Fig. 32. Querschnitt durch den oberen über Wasser befindlichen Blatteil; Fig. 33. durch den submersen Blatteil. — ($^{200}/_{1}$).

Querschnitt haben, namentlich in der subepidermalen einen kleineren, und im Querschnitt isodiametrisch polygonal bis polygonalrundlich, in der Flächenansicht polygonal oder mäßig gestreckt in der Längsrichtung des Blattes und dann auch in mehr oder weniger deutliche Längsreihen angeordnet entgegentreten. Aber noch in anderer Hinsicht verändert sich das Querschnittsbild, indem nämlich die Zahl der Luftgänge gegen den submersen Teil des Blattes zu, namentlich in der Mittelrippe, die nach unten immer stärker und stärker vorspringt, zunimmt. Schon auf Querschnitten durch die untere Partie des über dem Wasser befindlichen Blatteils sieht man über dem Hauptleitbündel des Mittelnerven einzelne Luftgänge, rechts und links davon 2—3 Luftgänge übereinander und auch 2 Luftgänge übereinander auf eine größere Strecke hin im Spreitenteil. Im submersen Teil wächst die Zahl der Luftgänge sukzessive, über dem Hauptleitbündel bis zu 4 übereinander, zu beiden Seiten desselben bis 6 übereinander. Die Luftgänge drängen sich im Mittelnerv nach der Oberseite hin. Nach rechts und links nimmt die Zahl derselben mit der Blattdicke allmählich ab. Auf eine

längere Strecke hin liegen noch 2 Gänge übereinander. Dann finden sich die Gänge nur mehr einzeln oder nur in der Nachbarschaft größerer Nervenleitbündel deren 2 übereinander, bis schließlich zum massivzelligen Blattrand. In der Umgebung des Leitbündelsystems der Mittelrippe und über demselben, dort, wo die Gänge so zahlreich sind, erscheint das Gewebe im Querschnitt grobmaschig, die Gewebelamellen zwischen den Luftgängen dabei einzellschichtig. Aber auch sonst, selbst da, wo die Gänge nur in einer Reihe liegen, sind die Scheidewände benachbarter, soweit in ihnen nicht Leitbündel verlaufen, nur 1 Zelle dick. Die Mesophyllzellen sind im unteren Teil des Blattes überall mehr oder weniger, doch nie sehr stark in der Längsrichtung des Blattes gestreckt. Zwischen Epidermis und Luftgängen ist stets eine mindestens 2, meist mehr Zellen dicke Mesophyllzellenschicht eingeschoben. Im untersten Teil des Blattes erscheinen die Zellen zum Teil auf dem Querschnitt in den Ecken nach Kollenchymart stärker verdickt; ein viel mehr typisch ausgebildeter, kleinzelliger Kollenchymkomplex tritt im unterseitigen Grundgewebe des Mittelnerven auf und umhüllt dort kleinere Leitbündel. — Einfacher gebaut erwies sich ein 20 cm langes submerses Blatt. In diesem fehlt das palisadenartige Gewebe vollkommen. Auf einem Querschnitt durch den oberen Teil des Wasserblattes sieht man fast durchweg nur eine Reihe von Luftgängen. Im mittleren und unteren Teil des Blattes sind die Luftgänge in der Mittelrippe wieder reichlicher, über dem Leitbündelsystem in einer Reihe, zu den beiden Seiten desselben bis zu 3 übereinander, während sie allmählich nach rechts und links wieder einreihig entgegentreten und schließlich im Blattrand fehlen. Die Luftgänge sind von der Epidermis stets durch Mesophyllgewebe getrennt, das im unteren Teil des Blattes 2—3 Zellen, im oberen nur 1 Zelle dick ist. Die Gewebelamellen zwischen den Luftgängen sind, soweit sie nicht Leitbündel enthalten, nur 1 Zelle dick. Die Mesophyllzellen haben eine ähnliche Gestalt, wie im unteren Teil des vorhin beschriebenen halbsubmersen Blattes. — In den sämtlichen Teilen der halbsubmersen, wie der submersen Blätter sind die Luftgänge, an welchen, nebenbei gesagt, bisweilen auch kutikulaähnliche Auskleidungsmembranen vorkommen, durch senkrecht oder schief gestellte einzellschichtige oder dickere, Quernerven einschließende Querdiaphragmen (Fig. 34 und 37) unterbrochen. Die bei Kirchner, Löw und Schroeter (22, p. 704) nicht ganz genau wiederholte Angabe von Chatin, daß die zahlreichen Luftgänge der Blattbasis keine Diaphragmen haben, ist unrichtig. Die einzellschichtigen bestehen aus niederen abgerundeten Zellen, die kleinere oder größere Interzellularen zwischen sich nehmen und häufig stärker und knotig verdickte Wände (Fig. 37) haben. Die Zellen der im Verhältnis zum Mesophyll viel kleinerzelligen Epidermis sind mit geradlinigen Seitenrändern versehen und in der Flächenansicht entweder isodiametrisch-polygonal oder in Richtung der Blattlängsachse gestreckt-polygonal bis vierseitig. Bei dem oben erwähnten halbsubmersen Blatt traf ich im oberen Teil beiderseits zahlreiche Stomata und dazwischen

namentlich Epidermiszellen von isodiametrisch- oder gestreckt-polygonaler Form an. Im untergetauchten Teil nimmt in der Grenzzone die Zahl der Stomata ab, während sie noch weiter unten ganz fehlen; die isodiametrisch-polygonalen Epidermiszellen treten zurück und die gestreckt-polygonalen, mit sehr stumpfen Winkeln an den Längsseiten, überwiegen; die letzteren zeichnen sich durch ihre auf längere Strecken hin deutliche Anordnung in Längsreihen aus. Bemerkenswert ist auch die Verschiedenheit des Querschnittsbildes der Zellen im oberen und unteren Teil (auf Schnitten, die senkrecht zur Längsachse des Blattes geführt sind). Im oberen (Fig. 32) sind die Epidermiszellen relativ nieder, meist breiter, wie hoch, im unteren submersen (Fig. 33) hoch und schmal, fast palisadenartig, wobei sie ungleich tief gegen das Blattinnere vordringen; in der Grenzzone beider Blatteile finden sich Übergangsformen. Bei den vollständig submersen Blättern fand ich nur an der Blattspitze isodiametrisch-polygonale Zellen und dazwischen auch beiderseits ein paar Stomata. Sonst fehlen die Spaltöffnungen und die Epidermiszellen sind gestreckt-polygonal bis vierseitig und meist auch in deutliche Längsreihen angeordnet. Die Querschnitte zeigen namentlich in den unteren Teilen des submersen Blattes eine deutliche palisadenartige Streckung der Epidermiszellen, in den oberen Teilen wenigstens eine deutliche Tendenz dazu. Erwähnenswert ist noch, daß die Epidermiszellen der untergetauchten Blattflächen viel zahlreichere und dunkler gefärbte Chloroplasten enthalten, als die der über Wasser befindlichen, und auch Anthocyan im Zellsaft führen. Die Spaltöffnungen sind, wie schon oben angeführt wurde, parallel zueinander und mit der Spaltrichtung parallel zur Längsachse des Blattes gerichtet. Die Schließzellen sind groß elliptisch und zumeist rechts und links von einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Mitunter schließt sich an den beiden Polen des Schließzellenpaares je eine quergestreckte Epidermiszelle an, so daß der ganze Spaltöffnungsapparat an den Tradescantiatypus erinnert. In anderen Fällen weisen beide oder nur die eine Nebenzelle eine quer zum Spalt gestellte Teilwand auf oder, selten, sind die Schließzellenpaare von mehreren gewöhnlichen Epidermiszellen unregelmäßig umstellt. Über die Nervenleitbündel ist das wichtigste schon oben gesagt worden. Man hat zunächst die meist größeren und in der Mittelebene des Blattquerschnittes gelegenen normal orientierten Leitbündel (mit Bastteil nach unten) zu unterscheiden, die nur am Blattrand kleiner sind. Zu ihnen gehört auch das „Hauptleitbündel“ des Mittelnerven. In der Blattspreite trifft man neben diesen größeren Leitbündeln auf dem Querschnitt noch zwei Reihen von schwächeren an; die obere Reihe enthält verkehrt orientierte, die untere normal orientierte Leitbündel. Über das Leitbündelsystem der Mittelrippe ist noch folgendes anzuführen. Im basalen Teil des Blattes liegen über dem Hauptleitbündel 1—2 kleine, verkehrt orientierte Leitbündel, im Anschluß an die verkehrt orientierten der Spreite; unter demselben zunächst ein schwächeres und dann in noch tieferer Lage einige weitere schwächere Leitbündel, sowie der oben erwähnte, jene zum

Teil einschließende, kleinzellige Kollenchymkomplex. Diese kleinen Leitbündel lassen sich unter entsprechender Reduktion die Blattlänge hinauf verfolgen, soweit die Mittelrippe deutlich keilförmig

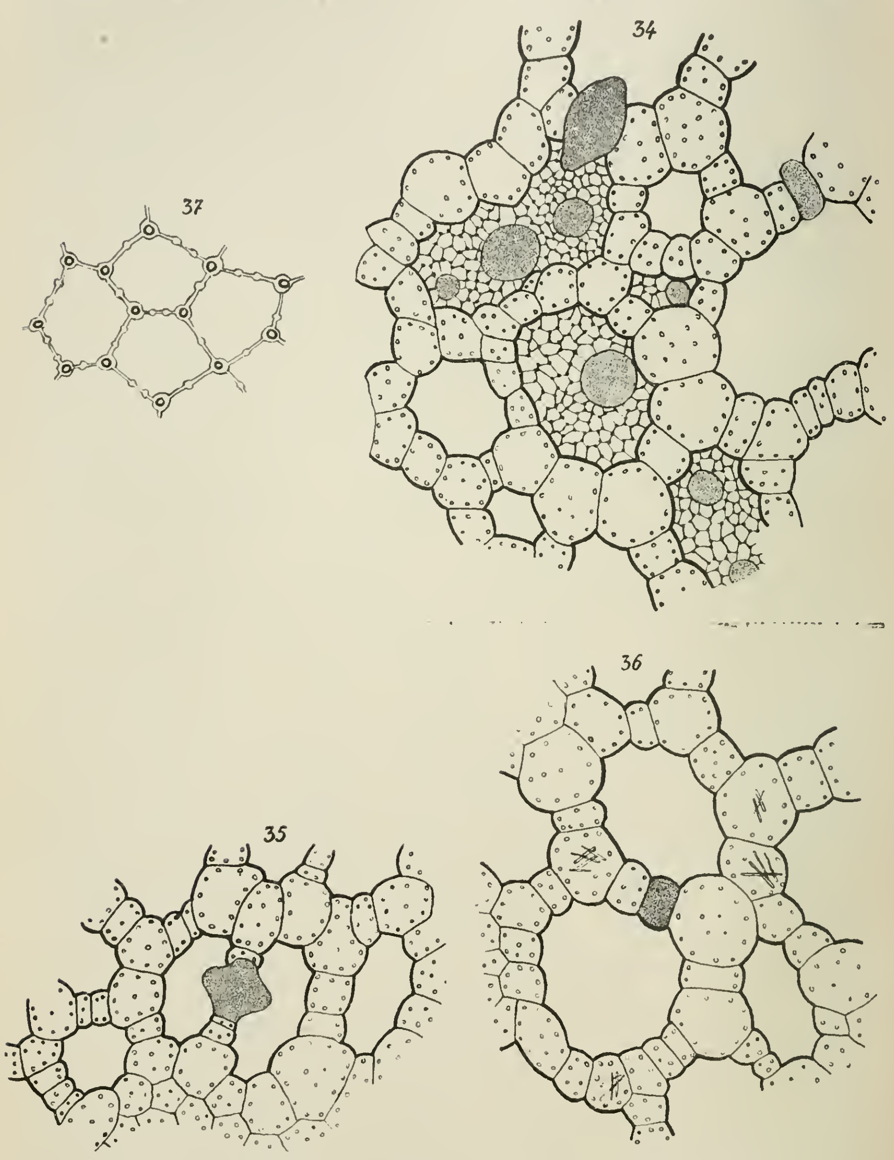


Fig. 34—36. Querschnittsstücke aus der Umgebung des Mittelnerven, von dem unteren Teil eines Blattes ($^{80}/_{1}$).
Fig. 37. Zellen des Querdiaphragmas ($^{400}/_{1}$).

nach unten vorspringt. Die sämtlichen Leitbündel besitzen im basalen Teil des Blattes keinen mechanischen Beleg. Weiter oben

trifft man in Beziehung zu allen Leitbündeln in verschiedener Reichlichkeit ziemlich weitlumige und mehr oder weniger dickwandige, schwach verholzte Faserzellen an, an den größeren in dem ganzen Umkreis oder doch wenigstens in einem oberen und unteren Bogen, an den meisten kleineren wenigstens am Bastteil. Die größeren Leitbündel enthalten im Holzteil den charakteristischen Luftgang; in diesem ist hin und wieder ein Ringgefäß zu sehen. Typische Spiraltracheen lassen sich in allen Leitbündeln und in



Fig. 38—42. Längsschnitte aus dem unteren Teil eines Blattes, in der Nähe des Mittelnerven ($^{80}/_{1}$).

allen Niveaux der Blattlänge feststellen, sodaß die Bestimmung des Leitbündels als normal oder verkehrt orientiert leicht fällt. Die sämtlichen Angaben über die Nervenleitbündel fußen in erster Linie auf der Untersuchung des stark entwickelten halbsubmersen Blattes. Sie gelten aber auch für das submerse; nur sind dort die Strukturverhältnisse etwas reduziert. Die Sekretzellen (Fig. 34—36 und 38—42) sind in der von mir eingesehenen Literatur nur in ganz ungenügender Weise berücksichtigt. Chatin (2, pl. V, Fig. 4') hat die Sekretidioblasten der Querdia-

phragmen richtig gezeichnet, spricht aber in der Figurenerklärung (p. 34) von einem „utricule boursouflée remplie d'air, vue aussi sur les diaphragmes de la tige". Schencke (17, p. 10) sagt, daß der Zellsaft der „meisten" Zellen (besonders in der Epidermis) in den jungen Blättern rot gefärbt sei und später in braun übergehe und zeichnet auch solche Zellen mit rotem Zellsaft. Kirchner, Löw und Schroeter (22, p. 703) erwähnen im Grundgewebe der Ausläufer chlorophyllose Zellen und fügen bei, daß einige von diesen mit einem lebhaft roten Saft erfüllt sind, der auch bei den Blattzellen von Winterknospen und anderen Laubteilen hie und da wiederkehrt. Die Sekretzellen von *Stratiotes* besitzen, gleich denen von *Vallisneria,* in der lebenden Pflanze einen farblosen und stark lichtbrechenden Inhalt; Chlorophyllkörner fehlen. Das Sekret ist gerbsäurehaltig; mit $FeCl_3$- oder $FeSO_4$-Lösung färbt es sich blau bis schwarz. In Alkohol ist es nicht löslich. Beim Trocknen der Pflanzen wird das Sekret braun und es sind dann die Sekretzellen mit freiem Auge oder mit der Lupe direkt oder nach dem Anschneiden des Blattes als braune Punkte zu sehen. Die gleiche Farbenveränderung tritt bei Behandlung der Präparate von lebendem Material mit Javellescher Lauge oder mit Dämpfen von Salpetersäure auf. Auch mit Kalilauge färbt sich das frische Sekret langsam braun. In gelblich gefärbten submersen Blättern der lebenden Pflanze fand ich schon Mitte August, namentlich in den Spitzen, die Braunfärbung des Sekretes eingetreten. Besonders charakteristisch ist die Lindtsche Reaktion, die Blutrotfärbung des frischen Sekretes mit Vanillinsalzsäure, welche sich viele Stunden deutlich erhält. Mit konzentrierter Salzsäure allein zieht sich das frische Sekret unter Gelbbraunfärbung zusammen. Die Sekretzellen treten in allen Teilen der halbsubmersen und submersen Blätter auf. In morphologischer Hinsicht sind sie entweder nicht oder doch wenig von den gewöhnlichen Mesophyllzellen verschieden oder sie treten als Idioblasten entgegen. Ersteres gilt für die im dichten Mesophyll eingelagerten Sekretzellen und zum Teil auch für die Sekretzellen der Längsscheidewände zwischen den Luftgängen. Idioblastennatur haben insbesondere die Sekretzellen der Querdiaphragmen und zum Teil auch die der Längsscheidewände. Die Idioblasten sind kugelig, ellipsoidisch (wobei ihr größter Durchmesser senkrecht zur Zellschicht gelagert ist, der sie angehören) oder anders gestaltet und verschieden groß; sie springen mit konvexen Wandteilen blasig in die Interzellularräume hinein. Schlauchförmige, doch nicht sehr langgestreckte Sekretzellen von relativ kleinem Querschnitt befinden sich in den Leitbündeln. Kleine, schmal-stäbchenförmige oder dickere und verschieden, auch oktaëdrisch gestaltete Kristalle aus Kalkoxalat kommen hier und dort im Mesophyll, besonders in den Wasserblättern, vor. An der Bildung der dornigen, hakig nach vorn gekrümmten Blattzähne ist Haut- und Grundgewebe beteiligt. Die Spitze des Zahnes bildet ein einzelliges zugespitztes und starkwandiges Haar, dessen Basis von einem Kranz längsgestreckter, ziemlich starkwandiger und getüpfelter Epidermiszellen umschlossen wird. Die zahlreichen lanzettlichen

Achselschüppchen sind an der Basis mehr als zweischichtig und schließen dort zuweilen Sekretzellen ein. Sonst sind sie zweizellschichtig, am Rande und an der Spitze einschichtig; ihre Epidermiszellen sind längsgestreckt. Sie haben keine sekretorische Funktion.

Untersuchungsmaterial: Lebendes Material des Hort. Erlang. und trockenes des H. E.

Literatur: 2. Chatin, p. 12—15, pl. V; 17. Schencke; 21. Weinrowsky, p. 19—20; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 697—707; 23. Veres (non vidi).

10. **Ottelia.**

Das Blattmaterial von *Ottelia,* das mir zur Verfügung stand, ist lediglich von Wasserblättern mit gut entwickelten und von Längs- und Quernerven durchzogenen Spreiten gebildet. Die wichtigsten anatomischen Verhältnisse sind die folgenden. Die Struktur des Mesophylls ist in den Wasserblättern eine einheitliche. Das ein- bis mehrschichtige Mesophyll bildet ein Maschennetz (Fig. 44), dessen sehr große bis kleine, annähernd bis wirklich polygonale Maschen von Interzellularräumen eingenommen werden, die voneinander durch meist nur eine Zelle dicke Gewebelamellen getrennt sind. Spaltöffnungen sind selten; sie sind beiderseits von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Typische Tracheen fehlen in den Nerven. Besonders charakteristisch ist das Auftreten von meist rundlichen Sekretidioblasten mit hellem Inhalt in der Blattepidermis und von kugeligen, ellipsoidischen oder hantelförmigen chlorophyllführenden Idioblasten im Mesophyll, welche sozusagen die Natur innerer Haare haben und eine ölige oder harzige Substanz an ihren, in die Interzellularräume hineinragenden Teilen zur Ausscheidung bringen. Kalkoxalatkristalle sind vorhanden.

Die gewöhnlichen Epidermiszellen der beiden Blattflächen haben annähernd dieselbe Beschaffenheit. Sie sind mehr oder weniger isodiametrisch und besitzen entweder schwach wellige (Lohersche Pflanze, *O. Baumii* und *ulvaefolia*) oder ziemlich geradlinige (*O. alismoides* und *japonica*) Seitenränder. Ihr Flächendurchmesser wechselt schon innerhalb der Art; der mittlere Durchmesser schwankt bei meinem Material zwischen 50—60 μ einerseits und 90—120 μ andrerseits. Über die Beschaffenheit des Mesophylls ist noch anzuführen, daß die Interzellularräume in der Regel direkt von der beiderseitigen Epidermis bedeckt sind; nur stellenweise wurde, z. B. bei *O. alismoides,* eine Verbreiterung der subepidermalen Mesophyllzellenbänder auf mehr als eine Zelle, oder, in der Nähe von größeren Nerven, ein hypodermartiges Zusammenschließen der subepidermalen Zellen über dem Luftraum beobachtet. Bei der gleichen Art und ebenso bei der Loherschen Pflanze sah ich kleine ähnliche perforierte Querdiaphragmen, wie sie auch bei anderen Hydrocharitaceen vorkommen. Einzelne Spaltöffnungen

finden sich bei *O. alismoides* und *japonica* beiderseits am Blattrand (bei der Loherschen Pflanze in der Außenepidermis der Kelchblätter, über den Längsnerven). Sie sind nicht immer von parallelen Nebenzellen begleitet, sondern manchmal von mehreren gewöhnlichen Epidermiszellen umschlossen. Wenn auch in den Leitbündeln der Nerven deutliche Ring- und Spiraltracheen fehlen, so wurden doch im lebenden Material von *O. alismoides*, sowie bei *O. Baumii, japonica* und *ulvaefolia* Zellen mit schwach ring- oder halbringförmigen Verdickungen angetroffen. Der Querschnitt durch einen kräftigen Längsnerven der Loherschen Pflanze zeigte mir im Holzteil des Leitbündels einen weiten Interzellulargang und an der Peripherie einige derber-, doch zellulosewandige Faserzellen, sonst dünnwandiges kleinzelliges Gewebe, den Holzteil umschlossen von einem Kranz weiter, durch einschichtige Gewebelamellen voneinander getrennter Interzellulargänge, welche typische, perforierte, kleinzellige Querdiaphragmen haben, nach unten sodann, vom Holzteil getrennt, eine Weichbastgruppe, die ebenfalls von einzelnen faserartigen Zellen begleitet ist. In den kleineren Nerven berühren sich Holz- und Bastteil. Der Holzteil schließt wieder einen Interzellulargang ein, der Bastteil ist mit einzelnen Faserzellen versehen. Ähnliche Verhältnisse traf ich auch in dem lebenden Material von *O. alismoides* an; nur fehlen die Faserzellen. Kräftigere Sklerenchymfasern sah ich in den Nerven von *O. Baumii*. Von den beiden Sekretzellentypen bespreche ich zunächst die epidermalen Idioblasten (Fig. 43 u. 48). Sie kommen bei allen Arten vor; nur in dem von Maximowicz gesammelten Material von *O. japonica* konnte ich sie nicht auffinden. Ihre Menge ist eine verschiedene. Zuweilen sind sie auf der einen Blattseite ziemlich reichlich entwickelt, und zwar am Blattrand, über den Blattnerven und auch zwischen den Nerven, auf der anderen nur am Rand oder noch vereinzelt über den Nerven zu finden. Meist liegen sie einzeln, selten zu 2—3 beisammen. Ihr Umriß ist in der Flächenansicht rund oder eckig und klein im Verhältnis zu den Epidermiszellen. Bei *O. alismoides* (Fig. 48) und *japonica* fällt auf, daß die Zellen sich mit einer relativ großen Fläche an der Bildung der Blattoberfläche beteiligen und sich nach innen keilförmig verschmälern. Bei anderen Arten ist die Innenwandfläche der Sekretzellen annähernd gleich groß, wie die Außenwandfläche, oder sogar größer. Diese Verhältnisse wechseln bei *O. ulvaefolia* auf demselben Blatt. Der Inhalt der Sekretzellen ist nicht überall der gleiche. Bei der Loherschen Pflanze ließ sich ein helles, stark lichtbrechendes Sekret feststellen, das in Alkohol löslich ist, mit Jodjodkaliumlösung sich gelb färbt, sodann nach Zusatz von verdünnter Schwefelsäure als gelber Tropfen entgegentritt, während konzentrierte Schwefelsäure eine Bräunung verursacht, weiter mit Überosmiumsäure sich schwach braun färbt und mit Wasserdämpfen flüchtig ist; außer dem Sekret enthalten hier die Zellen Zellkerne und Protoplasma, aber keine Chloroplasten. Bei den Herbarmaterialien von *O. alismoides* und *japonica* sah ich kein Sekret; in dem lebenden Material von *O. alismoides* öfters einen hellen,

lichtbrechenden Inhalt, der sich mit Jodlösung gelb färbt.[1]) Der lichtbrechende, kaum gelbliche Inhalt der Zellen im Herbarmaterial von *O. Baumii* gibt mit Jodlösung und Schwefelsäure dieselben Reaktionen, wie das Sekret bei der Loherschen Pflanze. Das schwach gelbe, milchsaftartig aussehende Sekret von *O. ulvaefolia* nimmt mit Javellescher Lauge und ebenso schon mit Kalilauge eine sehr schöne weingelbe Färbung an, durch welche sich die Sekretzellen leicht fesstellen lassen. Viel charakteristischer, als die epidermalen Idioblasten, sind die sezernierenden Idioblasten des Mesophylls (Fig. 44 u. 46—47). Dieselben haben eine annähernd kugelige, eine mehr oder weniger schmal ellipsoidische

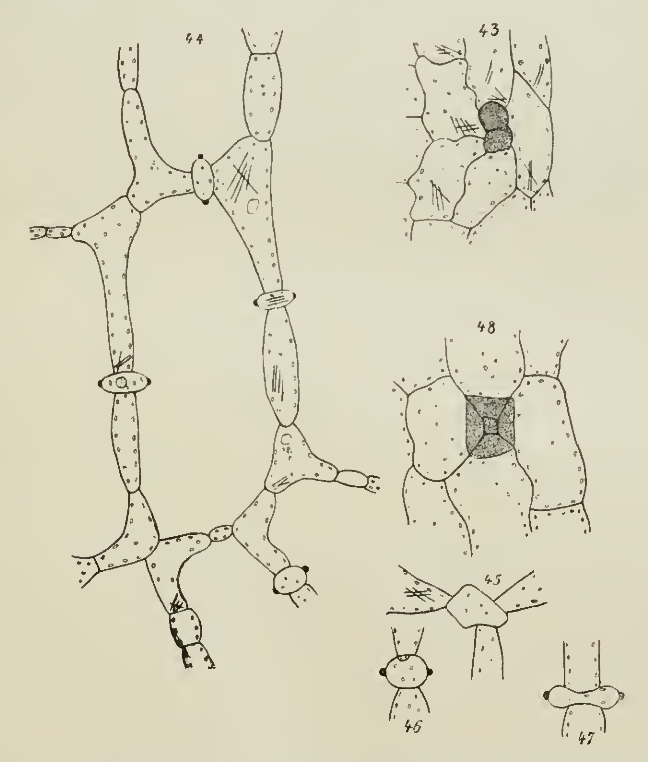


Fig. 43—47. *Ottelia sp.*: Fig. 43. Blattepidermis mit Sekretzellen. Fig. 44—45. Mesophyll in der Flächenansicht. Fig. 46—47. Sekretzellen. Fig. 48. Blattepidermis von *O. alismoides* mit einer Sekretzelle.

oder eine hantelförmige Gestalt. Sie sind zwischen den gewöhnlichen kürzer oder länger gestreckten und verschieden gestalteten Mesophyllzellen eingeschaltet, die ellipsoidischen und hantelförmigen dabei so, daß ihre Längsachse quer zum Verlauf der Mesophyll-

[1]) Nachträglich stellte ich am lebenden Material von *O. alismoides* fest, daß sowohl das Sekret der epidermalen Idioblasten, wie der haarartigen, die beide dort auch im Blattstiel vorkommen, mit Vanillinsalzsäure sich nicht rot färbt.

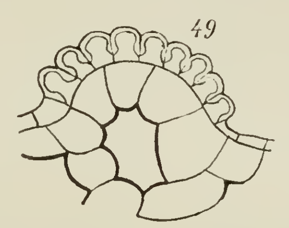
zellenreihe gerichtet ist, in der sie liegen. So ragen sie mit ihren seitlichen Teilen mehr oder weniger stark nach Art der inneren Haare in die Interzellularräume hinein. Bisweilen trifft man in zwei übereinander gelagerten Zellreihen des Mesophylls zwei solche Idioblasten übereinander an. Die Untersuchung im lebenden Material (von Loher, sowie Haage und Schmidt) ergab, daß die Zellen Zellkerne, Protoplasmaschlauch und Chloroplasten enthalten, bei der Loherschen Pflanze zuweilen auch Kalkoxalatnadeln im Zellsaft. Sie sind assimilierende Zellen und zugleich sezernierende. Ihre Zellwand besteht aus Zellulose. Wie mir die Untersuchung junger Idioblasten in jungen Blütenstielen bei der Loherschen Pflanze zeigte, entsteht im wandständigen Protoplasma der in die Interzellularen hineinragenden Zellteile ein öliger Tropfen, der durch die Zellwand nach außen tritt und dieser in Form einer Kalotte und später einer größeren oder kleineren Kugel anhaftet. Der Tropfen besteht aus ätherischem Öl; er löst sich in Alkohol, verschwindet beim Erhitzen der Wasserpräparate, ist also flüchtig, färbt sich mit Jodjodkaliumlösung gelb und dann auf Zusatz von Schwefelsäure braun und nimmt mit Osmiumsäure eine bräunliche bis schwarze Farbe an.[1]) In den Herbarmaterialien finden sich an Stelle der Tropfen harzartige gelbliche Massen, entweder noch in Tropfenform oder in Form von Krusten; dieselben sind durch Oxydation des Sekretes entstanden und, wie dieses, in Alkohol löslich. Bei der Loherschen Pflanze traf ich die epidermalen Idioblasten auch in dem Blütenstiel und in der Außenepidermis der Kelchblätter, die Idioblasten des Innengewebes auch in den Kelchblättern und in der Fruchtknotenwand an; die Sekretzellen der Kelchblattepidermis verbreitern sich stark nach innen. Kalkoxalat tritt reichlich in Form von größeren oder kleineren Bündeln ziemlich langer nadelförmiger bis etwas breiterer stabförmiger Kristalle in der beiderseitigen Epidermis und im Mesophyll bei *O. ulvaefolia* und der Loherschen Pflanze auf. Bei den anderen Arten finden sich auch kleine, stabförmige oder anders gestaltete Kristallkörper, die in Essigsäure unlöslich sind. Bei dem Bojerschen Material von *O. ulvaefolia* sind einzelne Randzellen des Blattes zu ganz kurzen, stumpfen, zahnartigen Haaren ausgewachsen; ähnliche Haare krönen auch die zahnartigen Emergenzen am untersten Teil des Blattstiels von *O. alismoides*. Bei *O. alismoides* habe ich auch längliche Achselschüppchen nachgewiesen, die in ihrem unteren Teil mehr als zweizellschichtig sind.

Auf Grund von Beobachtungen an der im hiesigen Botanischen Garten zur Blüte gelangten Loherschen Pflanze[2]) habe ich an dieser Stelle einige Bemerkungen zu den Blütenverhältnissen von *Ottelia* anzufügen. Auffallend war bei der Analyse der zwittrigen, einzeln in den zusammengedrückten Scheiden entwickelten und mit sechs Staubblättern versehenen Blüten, daß nur drei an der Spitze zweispaltige Griffel zu sehen waren und der Fruchtknoten im Querschnitt nur drei unvollständige Fächer durch drei tief in die Frucht-

[1]) S. Anm. 1 auf p. 87.

[2]) Die Pflanzen waren einjährig und eine Nachzucht nicht möglich.

knotenhöhlung eindringende und zweispaltige Scheidewände aufwies. Für *Ottelia* werden nämlich (s. auch Gürke, in Festschrift für Ascherson, Leipzig, 1904, p. 535) sechs und bisweilen sogar neun bis zwölf zweispaltige Griffel und ein durch sechs Doppelscheidewände unvollständig-sechsfächriger Fruchtknoten angegeben. Die Fruchtknotenhöhlung ist mit Schleim [1]) erfüllt. Der Schleim, welcher mit Tuschlösung deutlich hervortritt, quillt mit Wasser auf, färbt sich mit Jodjodkaliumlösung nicht oder doch nicht deutlich, gibt auch nicht die Amyloidreaktion, ist optisch inaktiv und tingiert sich mit Methylenblau, Anilinblau und Korallinsoda. Derselbe wird augenscheinlich durch eigentümliche, im Umriß rundliche oder elliptische Drüsenzellenkomplexe (Fig. 49) ausgeschieden, welche der Epidermis zugehören und sich gleich den Samenanlagen, sowohl an den Scheidenwänden, als auch der Fruchtknotenwand zwischen den Scheidenwänden vorfinden und konvex in die Fruchtknotenhöhlung vorspringen. An ihrer Erhebung über dem Niveau der Innenfläche sind auch Grundgewebezellen beteiligt. Die sezernierenden Epidermiszellen sind höher als die gewöhnlichen, besitzen konvexe, fast papillöse Außenwände, haben einen annähernd polygonalen Umriß in der Fläche und eine ungleichmäßige Verdickung der Seitenwände. Auf einem Querschnitt sieht man die Seitenwände nach innen zu erst anschwellen, dann wieder dünner



Fig, 49. Schleimdrüse von der Innenwand des Fruchtknotens im Querschnitt.

werden. Im jungen Fruchtknoten sind die Drüsen noch von der Kutikula bedeckt. Die in Rede stehenden Drüsen und die Schleimabsonderung habe ich auch im Fruchtknoten des Herbarmaterials von *O. alismoides* nachweisen können. Der kugelige Pollen zeigte bei der Loherschen Pflanze einen Durchmesser von 75 μ, bei *O. alismoides* einen solchen von 45 μ. Seine Exine ist mit zahlreichen, fein stacheligen Unebenheiten versehen; Keimporen fehlen.[2])

---

[1]) Schleimartige Substanzen sind in der Literatur für die Frucht von *Ottelia* erwähnt (s. Richard, in Mémoires de l'Institut de France 1811, Sec. Partie, 1814, p. 29, auch Bentham u. Hooker, Gen. plant.). Nach Caspary (in Bot. Zeit. 1858, p. 315 u. Taf. IX, Fig. 22) ist auch der einfächrige Fruchtknoten von *E. canadensis* mit einer gelatinösen Flüssigkeit erfüllt; ob diese von den mit einer papillösen Epidermis versehenen Plazenten ausgeschieden werden, ist erst zu untersuchen.

[2]) Das Fehlen der Keimporen scheint bei den Hydrocharitaceen allgemein der Fall zu sein. Über die Struktur des Pollens in der Familie gibt im übrigen die folgende Zusammenstellung Aufschluß. *Halophila:* einzellreihige Pollenketten, bei *H. Baillonii* mit „exine fortement plissée“ (s. 10, Balfour, p. 320–321 u. pl. XI, Fig. 52 u. 12, Holm, p. 16 u. pl. III, Fig. 30–31). *Hydrilla:* P. kugelig, fein körnigwarzig (22, Kirchner etc., p. 674—676 u. Fig. 404, 5–6). *Elodea: E. canadensis* (22, Kirchner etc. p. 688) und *densa* (12, Holm, p. 21 u. pl. IV, Fig. 55, s. auch oben p. 57) mit kugeligem, fein stachligem P. *Vallisneria* (*V. spiralis*): P. kugelig, mit 45–60 μ Durchm. u. zerstreut feinkörniger Exine. *Enalus:* „P. eporosum eplicatum“ (Griffith, Notulae ad plantas

Untersuchungsmaterial: *O. sp.*, Loher, Madagascar (pl. v.). — *O. alismoides* Rich.: Grabowski, Borneo, H. M.; Sieber, Damiette, H. E.; pl. v. von Haage u. Schmidt. — *O. Baumii* Gürke, Baum n. 858, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. — *O. japonica* Miq., Maximowicz, Iter II, 1862, Japonia, H. M. u. Rein, Japonia, H. M. — *O. ulvaefolia* Buchenau, Hildebrandt n. 3803, Madagascar, H. M. u. Bojer, Madagascar, H. M.

Literatur: 2. Chatin, p. 4—6 u. pl. I.

11. **Boottia.**

Die mit *Ottelia* nächstverwandte Gattung ist in anatomischer Hinsicht ebenfalls durch den Besitz von epidermalen Sekretzellen mit hellem Inhalt ausgezeichnet. Die im Mesophyll gelegenen haarartigen Idioblasten traf ich nur bei *B. kunenensis* und *Schinziana*, dagegen nicht bei der durch eine besonders charakteristische exomorphe Blattbeschaffenheit vor allen anderen Arten sofort erkennbaren *B. Aschersoniana* an. Die Struktur des Mesophylls ist in den bandförmigen dünnen, von fünf Längsnerven durchzogenen Wasserblättern der *B. kunenensis* eine ähnliche, wie bei den von mir untersuchten *Ottelia*-Arten, dagegen naturgemäß eine andere in den langgestielten und eiförmig-lanzettlichen, lederigen, von zahlreichen schwächeren, parallel zum Mittelnerven verlaufenden Nerven durchzogenen Spreiten der Schwimmblätter von *B. Schinziana* und in den langen untergetauchten und dreikantigen, an den Kanten mit zahnartigen Emergenzen versehenen, ziemlich dicken Blättern von *B. Aschersoniana*. Die nur bei *B. Schinziana* vorkommenden Spaltöffnungen sind an beiden Längsseiten von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Typische Tracheen fehlen in den Nervenleitbündeln oder sind doch nicht überall vorhanden. Kalkoxalat, sowie einzellige, spitze Deckhaare am Blattrand wurden bei bestimmten Arten angetroffen.

Mit Rücksicht auf die verschiedene Ausbildung des Mesophylls bespreche ich im folgenden der Reihe nach die Blattstruktur der drei untersuchten Arten.

1. *Boottia kunenensis* Gürke, Baum n. 962, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. Die beiderseitige Epidermis besteht aus ziemlich großen, an den verschiedenen Teilen des Blattes ungleichgroßen und entweder isodiametrisch-polygonalen oder etwas quer oder aber stärker in Richtung der Blattlänge gestreckten, polygonalen und oft in Längsreihen angeordneten Zellen. Stomata fehlen. Zwischen den Epidermiszellen sind die relativ kleinen Sekretzellen eingeschaltet, die ziemlich zahlreich auf beiden Blattseiten, namentlich am Blattrand und über den Nerven, vorkommen.

---

asiaticas, III, 1851, p. 176), anscheinend glatt (18, Cunington, p. 367). *Stratiotes*: P. kugelig, mit 75 μ Durchm. u. zahlreichen feinen, langen Stacheln auf der Exine (s. auch 17, Schencke, p. 18 u. Fig. 26). *Ottelia*: s. oben. *Boottia* (*B. Schinziana*): P. kugelig, mit 75—90 μ Durchm. u. reichlich u. fein stacheliger Exine. *Hydrocharis* (*H. morsus ranae*): P. kugelig, mit 24—33 μ Durchm. u. zahlreichen kurzen Stächelchen auf der Exine. *Hydromystria* (*H. stolonifera*): P. kugelig, mit 36—42 μ Durchm. u. einer nur bei sehr starker Vergrößerung kleinwabig erscheinenden Exine.

Sie liegen meist einzeln, selten zu zwei beisammen und nehmen mit kleinerer Stelle, als ihr Umriß bei tiefer Einstellung ist, an Bildung der Blattoberfläche teil. Ihr Inhalt färbt sich mit Jodjodkaliumlösung schön gelb und verändert sich sodann auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure nur wenig; in Alkohol löst er sich. Das Mesophyll ist in der Längsrichtung des Blattes von luftgangartigen Interzellularen durchzogen, welche durch Querwände, zum Teil einzellschichtige perforierte Diaphragmen mit sehr kurzarmigen, flachen Zellen, in der Flächenansicht in längsgestreckte, viereckige Lakunen gefeldert sind. Diese Interzellularen stoßen nach oben und unten direckt an die Epidermis an; ihre Längswände bestehen aus Mesophyllstreifen, die nur eine Zelle breit sind und deren Zellen in der Längsrichtung des Blattes gestreckt sind. Zwischen den Zellen der Längswände trifft man ziemlich oft die analogen, quergestreckten und breiter- oder schmäler-ellipsoidischen oder kugeligen Sekretidioblasten an, wie bei *Ottelia*. Gelbliches erhärtetes Sekret haftet ihren in die Interzellularräume ragenden Wandteilen an. In den Nerven kommen Faserzellen vor. Ein massives Faserzellenbündel aus dick- und zellulosewandigen, englumigen Zellen grenzt an den beiden Längseiten des Blattes eine sehr schmale, bis auf die Randkantenzellenreihe zweizellschichtige Randpartie der Blattspreite ab. Der Blattrand ist deutlich und reichlich sägezähnig; an der Bildung der Zähne sind neben einem längeren spitzen Haar Zellen der beiderseitigen Epidermis beteiligt.

2. *B. Schinziana* Aschers. et Gürke, Baum n. 109, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. Die Struktur der Epidermis ist auf den beiden Blattseiten eine verschiedene. Die Epidermiszellen der Oberseite sind in der Flächenansicht ziemlich klein und isodiametrisch und zeigen bei hoher Einstellung kleinzackig gebogene Seitenränder und leistenförmige Vorsprünge in deren Winkelscheiteln, bei tiefer Einstellung geradlinige Seitenränder. Die Epidermiszellen der Unterseite sind in der Flächenansicht rundlich-polygonal und nicht viel größer. Die oberseitige Epidermis enthält zahlreiche, auf größeren Stücken der Blattfläche mit dem Spalt parallel zueinander und parallel zur Längsrichtung der Spreite gestellte Schließzellenpaare, deren Schließzellen nur sehr schwache Eisodialleisten haben und fast immer und beiderseits von einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet sind. In der unterseitigen Epidermis befinden sich zahlreiche Sekretzellen (Fig. 50), die einen kleineren Umriß als ihre Nachbarzellen haben, mit meist rundlicher oder polygonaler, kleinerer Fläche an Bildung der Blattoberfläche teilnehmen und ziemlich tief in die Interzellularen des Blattes vordringen. Ihr helles Sekret färbt sich mit Kalilauge weingelb, ebenso schöngelb mit Jodjodkaliumlösung, sodann auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure braun; im Alkohol löst es sich. Das Mesophyll (Fig. 50) ist bifazial gebaut. Die obere Hälfte desselben, mit etwa zwei Drittel der Blattdicke, wird im wesentlichen von einem mehr- und unregelmäßig-schichtigen Palisadengewebe aus ziemlich langgestreckten und dünnwandigen Zellen gebildet, die untere, welche dem Schwammgewebe entspricht,

schließt eine Schicht von relativ großen Luftlücken ein, die subepidermal liegen und durch meist nur eine Zelle breite Gewebelamellen voneinander getrennt sind. In der oberen Mesophyllhälfte befindet sich unter der oberseitigen Epidermis ein fast geschlossenes ein- bis mehrschichtiges Hypoderm von ganz besonderer Ausbildung (Fig. 50). Dasselbe ist fast nur durch die Atemhöhlen der Spaltöffnungen unterbrochen. Es setzt sich im wesentlichen aus zweierlei Zellen zusammen, aus solchen, welche in der Flächenansicht mehr oder weniger längsgestreckt erscheinen, daher im Blattquerschnitt rundlich entgegentreten und außerdem zu mehreren übereinander gelagert sind, dann aus solchen, die im Flächenschnitt rundlich begrenzt sind und im Querschnitt strebepfeilerartig die obere Mesophyllhälfte durchsetzen. Die Wände der Hypodermzellen sind ziemlich dick und stark lichtbrechend, wie die Wände von typischem Kollenchym; sie bestehen aus Zellulose. Die unterste Zellage der oberen Mesophyllhälfte setzt sich aus niederen parenchymatischen Zellen zusammen, welche etwas dickere Wände wie die Palisadenzellen haben, in der Fläche rundlich sind und ganz kleine dreieckige Interzellularen zwischen einander haben. Diese Zellen sind zusammen mit dem Begleitparenchym der Nerven und den Enden der strebepfeilerartigen Hypodermzellen an dem Gewölbebau der unterseitigen Luftlücken beteiligt und bilden mit jenen, sowie mit den vertikalen Scheidewänden der Luftlücken zusammen das mechanische Gerüste des Blattes. Über die Zellen der die Luftlücken trennenden, meist nur eine Zelle breiten Scheidewände ist anzuführen, daß sie auf dem Flächenschnitt des Blattes nicht oder sehr wenig gestreckt entgegentreten und im Blattquerschnitt mehr oder weniger deutlich die Form des I-Trägers zeigen. Zwischen den gewöhnlichen Zellen der Scheidewände finden sich in großer Zahl die haarartigen Sekretidioblasten (Fig. 50–53). Diese sind gewöhnlich schmal-elliptisch und mit ihrer Längsachse quer zur Scheidewand gestellt, so daß sie mit ihren seitlichen, von einer Sekretkugel bedeckten Hälften in die Interzellularräume hineinragen. Zuweilen haben sie eine etwas andere Gestalt, die Form eines T oder +-Zeichens, indem sie in der Mitte ihrer Längsseite und senkrecht zu dieser, einseitig oder beiderseitig, ausgebuchtet sind. Die Leitbündel der großen Nerven enthalten einen deutlichen Interzellulargang anstelle der Gefäße. Sie werden, wie zum Teil auch die Leitbündel der kleineren Nerven, fast allseitig von weitlumigen, faserartig gestreckten Zellen umhüllt, deren Wände gleiche Beschaffenheit wie die der hypodermalen Zellen haben. Stellenweise ließen sich in den Leitbündeln spiralig verdickte Tracheen beobachten. In der nach unten vorspringenden Mittelrippe liegen unter dem großen Leitbündel noch kleinere, von mehr kollenchymartigen Gewebe umschlossene, seitlich von diesem zwei übereinandergestellte Reihen in Richtung der Rippe gestreckter Luftgänge; über dem großen Leitbündel Palisadengewebe und hypodermales Gewebe. Kalkoxalat ist besonders reichlich im Palisadengewebe, aber auch in den Mesophyllzellen der unteren Blatthälfte ausgeschieden, und zwar in Form sehr kleiner, doppeltbrechender, meist viereckiger Kristallkörper.

3. *B. Aschersoniana* Gürke, Baum n. 772, Kunene-Sambesi-Expedition, H. M. Die Epidermiszellen sind, abgesehen von der Basis der Emergenzen, in der Flächenansicht breit- und lang-gestreckt-vierseitig und parallel zur Längsrichtung des Blattes in Längsreihen angeordnet. Stomata fehlen. Das Mesophyll besteht aus Zellen, die in der Längsrichtung des Blattes gestreckt sind. In gleicher Richtung gestreckte Interzellularen durchziehen das Mesophyll. Der in Form eines niederen Dreiecks gestaltete Querschnitt durch den oberen Teil des Blattes zeigt in der Circumferenz des von einem einschichtigen Mesophyllzellenmantel umhüllten medianen Leitbündels einen Kreis von weiten Luftgängen; n den beiden breiteren, von je zwei Leitbündelsträngen durch-

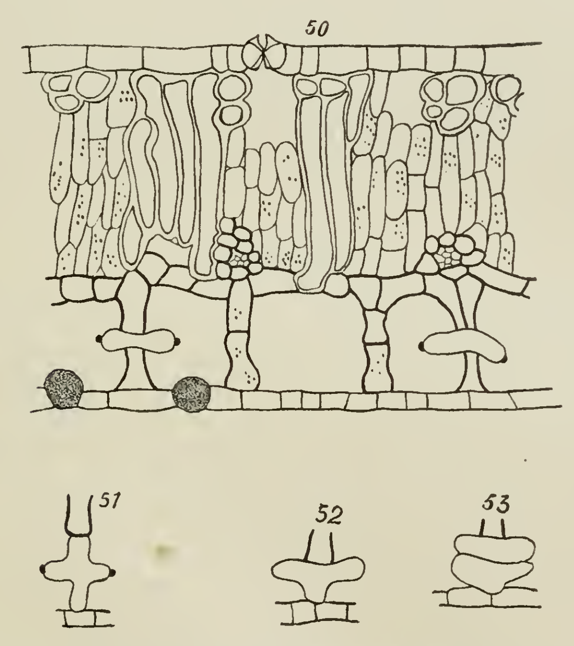


Fig. 50—53. *Boottia Schinziana.*
Fig. 50. Blattquerschnitt. Fig. 51—53. Sekretzellen.

zogenen Blattflanken sieht man auch Luftgänge, im Anschluß an die vorigen, beiderseits je einen weiten, dann gegen den Blattrand zu, an der Innenseite des größeren „inneren“ (d. h. der Mittelrippe zunächst gelagerten) Lateralbündelstranges meist zwei kleinere übereinander oder an ihrer Stelle einen größeren, dann jenseits des inneren Leitbündels noch einen Luftgang; der schmale, von nur einem Leitbündel durchzogene Rückenflügel des Blattes schließt keinen Luftgang ein. Die Luftgänge sind voneinander durch einzellschichtige Mesophyllamellen getrennt, von der Epidermis zumeist durch zwei Mesophyllzellagen. Sie sind von typisch perforierten Querdiaphragmen durchsetzt, deren Zellen dicke und getüpfelte

Wände haben. Die Leitbündel der großen Nerven haben an Stelle der Gefäße einen Interzellulargang und sind von ziemlich dick-, weiß- und zellulosewandigen, im Mittelnerv ziemlich weitlumigen und zusammengedrückten, in den größeren Lateralnerven etwas engerlumigen Faserzellen umstellt. Vereinzelt wurden auch spiralig-verdickte Tracheen beobachtet. Das Grundgewebe des Blattes ist auch an der Bildung der zahnartigen Emergenzen des Blattrandes beteiligt, welche von einem ziemlich kurzen und breiten einzelligen Haar gekrönt sind. Von den beiden Sekretzellentypen kommt nur der epidermale vor. Die Sekretzellen finden sich namentlich an den Blattkanten und unterscheiden sich durch ihre rundliche Gestalt und geringere Größe von den gewöhnlichen Epidermiszellen. Sie nehmen mit einer kleineren rundlichen Stelle an Bildung der Blattfläche teil und dringen, sich keilförmig verbreiternd, ziemlich tief in das Blatt ein. Ihr heller Inhalt ist wieder in Alkohol löslich; mit Jodjodkaliumlösung tritt Gelbfärbung ein, die sich wenig nach Zusatz von verdünnter Schwefelsäure verändert; Kalilauge bewirkt keine Gelbfärbung. Kalkoxalat findet sich in Form längerer nadelförmiger Kristalle und nicht spärlich im Mesophyll.

12. **Hydrocharis.**

Die Blätter dieser Gattung sind bekanntlich langgestielt, die Spreiten nierenförmig-kreisförmig und von mehreren Hauptnerven durchzogen, sowie von feineren Nerven annähernd parallel und quer zu den Hauptnerven. In anatomischer Hinsicht sind die folgenden Merkmale für die Gattungscharakteristik hervorzuheben: Der bifaziale Blattbau mit deutlichem mehrschichtigem Palisadengewebe auf der Oberseite und mit großen, in der Flächenansicht polygonalen und durch einzellschichtige Wände getrennten Luftkammern in der unteren Mesophyllhälfte, Spaltöffnungen mit parallelen Nebenzellen, das Vorkommen von typischen Spiral- und Ringtracheen in den Nerven und von kleineren Nerven mit verkehrt orientierten Leitbündeln (mit Holzteil nach unten) neben solchen mit normal orientierten, das Auftreten von meist kugeligen, im Herbarmaterial mit braunem Inhalt erfüllten Sekretzellen, die blasig in die Interzellularräume vorspringen, und von kleinen Kristallkörpern aus Kalkoxalat (diese bei *H. asiatica*). Neben den „braunen“ Sekretzellen finden sich nur bei *H. morsus ranae* in der unterseitigen Epidermis noch andere Sekretzellen, welche im lebenden und getrockneten Material einen hellen Inhalt aufweisen, wenig idioblastenartig hervortreten und durch die Gelbfärbung ihres Sekretes mit Kalilauge oder Javellescher Lauge leicht wahrgenommen werden können.

Im folgenden bespreche ich zunächst die Blattanatomie von *H. morsus ranae*, die bisher nur sehr ungenügend untersucht war. Die Sekretzellen und die inverse Struktur eines Teiles der Nervenleitbündel waren gänzlich übersehen und nicht einmal der Spaltöffnungstypus festgestellt. Im Anschluß an *H. morsus ranae*

wird dann von *H. asiatica* die Rede sein, welche in Hooker, Flora of Brit. India, V, 1888, p. 662 und noch im Index Kewensis mit Unrecht (siehe darüber 15, Ascherson und Gürke, p. 258) mit *H. morsus ranae* vereinigt wird.

Die Blätter von *H. morsus ranae* sind im normalen Fall typische Schwimmblätter. Ihre oberseitige Epidermis besteht aus Zellen, die in der Flächenansicht ziemlich klein sind und bei hoher Einstellung zackige, bei tiefer geradlinige Seitenränder zeigen. Sie allein enthält zahlreiche Stomata, die ziemlich regellos angeordnet und einzeln über den ziemlich weiten Atemhöhlen gelagert sind; die Schließzellenpaare sind rechts und links von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Die unterseitige Epidermis setzt sich lediglich aus etwas größeren Zellen mit geradlinigen oder schwach gebogenen Seitenrändern zusammen. Die obere Blatthälfte wird von einem unregelmäßig-dreischichtigen, von den Atemhöhlen durchsetzten Palisadengewebe eingenommen, dessen Zellen zumeist nicht sehr langgestreckt und ziemlich breit sind. Darunter folgen gewöhnliche niedere Parenchymzellen, welche auch das Gewölbe der großen Luftkammern der unteren Blatthälfte bilden. Die Zellen des Gewölbes zeigen in der Flächenansicht rundlichen Umriß oder schwach gewellte Seitenränder und nehmen ganz kleine Interzellularen zwischen sich. Die Luftkammern treten für gewöhnlich auf dem Querschnitt in einer Reihe entgegen, sind voneinander durch vertikal zur Blattfläche gestellte, nur eine Zellage dicke und nur vereinzelt von sehr kleinen dreieckigen Interzellularen durchsetzte Gewebeplatten aus flachen Zellen mit deutlich gewellten Seitenrändern getrennt und nach unten direkt von der unterseitigen Epidermis bedeckt. Nur stellenweise, in Berührung mit den Leitbündeln der größeren Nerven, finden sich zwei kleinere Luftkammern oder eine größere und eine kleinere übereinander. Eine ganz außerordentliche Höhe erreichen zuweilen diese Lufträume oberhalb der Insertionsstelle des Blattstiels, da, wo die Blattspreite zu beiden Seiten des Mittelnerven eine blasige Anschwellung zeigt. Die flachen Zellen der Scheidewände dieser hohen Lufträume besitzen schwächer gewellte Seitenränder und sind in der Richtung der Blattdicke gestreckt; hier und dort ist eine Luftkammer durch eine zur Blattfläche parallele Scheidewand geteilt. Die untersten, subepidermalen Zellen der die Lufträume voneinander trennenden Scheidewände enthalten in den ausgewachsenen Blättern Anthocyan, wodurch die Lufträume schon dem freien Auge in der Flächenansicht als ein purpurrot begrenztes Netz entgegentreten. Die Nerven enthalten in ihren Leitbündeln typische Ring- und Spiraltracheen. Im Holzteil der größeren beobachtet man in der Regel auch einen weiten Luftgang mit abortierten Tracheen. Die Nervenleitbündel sind von einer mehr oder weniger deutlichen größerzelligen Parenchymscheide umschlossen und am Holz- und Bastteil oder nur an dem letzteren von einer größeren oder kleineren Zahl weitlumiger und relativ dünnwandiger Faserzellen begleitet. Besonders hervorhebenswert ist, daß ein Teil der kleinen Nerven mit Bezug auf Holz- und Bastteil ver-

kehrt orientiert ist. Diese inversen Nerven verlaufen annähernd parallel zu den Hauptnerven, liegen in einem etwas höheren Niveau des Blattes, wie die anderen Nerven und kreuzen die die Hauptnerven verbindenden Quernerven; sie stehen zuweilen durch eigene Seitennerven mit den Hauptnerven in Verbindung. *H. morsus ranae* besitzt die beiden Typen von Sekretzellen, die epidermalen „hellen“ und die „braunen“. Die ersten befinden sich nur in der unterseitigen Epidermis, namentlich über den Scheidewänden der Luftkammern, selten über den Luftkammern selbst, meist einzeln, selten zu 2 nebeneinander. Sie sind zuweilen in der Flächenansicht etwas größer als die gewöhnlichen Epidermiszellen; auch nehmen sie mit einer Stelle, die etwas kleiner als ihr Umriß bei tiefer Einstellung ist, an der Bildung der Blattfläche teil. Ihr Inhalt ist in der lebenden Pflanze hell, hell auch oder doch nur etwas bräunlich in der getrockneten[1]); Chloroplasten fehlen. Mit Jodjodkaliumlösung färbt sich das Sekret schön gelb, sodann auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure oft rotbraun. Eine gleich schöne Gelbfärbung des Sekretes wird durch Kalilauge und auch Javellesche Lauge verursacht; nach längerer Einwirkung der letzteren verschwindet die Gelbfärbung, — das Sekret ist weiß und eine Gelbfärbung ist dann auch mit Kalilauge nicht mehr zu erzielen. Nach längerem Liegen im Alkohol löst sich das Sekret; Protoplasmaschlauch und Zellkern bleiben zurück. Mit Dämpfen von Salpetersäure löst sich der sekretorische Inhalt unter Zusammenziehung von der Zellwand ab; er erscheint fast fest, gelblich und homogen oder etwas trübe. Mit Vanillinsalzsäure oder auch konzentrierter Salzsäure allein tritt nur in den dickeren Teilen des Flächenschnittes, in welchen die subepidermale anthocyanhaltige Zellschicht erhalten ist, eine schöne Rosafärbung des Sekretes auf, die nach einiger Zeit verschwindet, gleichwie bei *Elodea densa* (s. p. 55), mit der Einwirkung der Reagenzien auf das Anthocyan zusammenhängt und nicht als Lindtsche Reaktion angesprochen werden darf. Die „braunen“ Sekretzellen fand ich nur einmal in der Blattspreite und zwar in dem über der Blattstielinsertionsstelle gelegenen und blasig angeschwollenen Teil, dagegen immer in den Scheidewänden (namentlich in den perforierten Querdiaphragmen, selten in den Längswänden) der Blattstielluftgänge. Sie sind kugelig, liegen meist einzeln, selten zu 2 beisammen und springen in die Interzellularräume vor. Nur im getrockneten Material ist ihr Inhalt braun bis rotbraun, im lebenden (Blattstiel) hell und lichtbrechend, häufig auch durch Anthocyan, das auch sonst im Blattstielgewebe vorkommt, rosafarben. Nach außen vom Sekret ließen sich manchmal in dem lebenden Material deutliche schwach gefärbte Chlorophyllkörner erkennen. Mit Kalilauge wird das Sekret in den anthocyanhaltigen Zellen bläulich, dann weiß und gequollen, schließlich erscheint es verdichtet; Gelbfärbung tritt nicht

[1]) Im Herbst mit dem Absterben der Blätter färbt sich das Sekret auch bräunlich und zeigt dann gegenüber dem frischen hellen Sekret auch deutliche Gerbsäurereaktion.

ein. Mit Eisenchloridlösung tritt die Gerbsäurereaktion in einem Teil der Zellen sofort, im anderen erst nach längerer Einwirkung ein. Mit Javellescher Lauge und mit Dämpfen von Salpetersäure setzt sich die helle Farbe des Sekretes alsbald in schönes Rotbraun um. Mit Jodjodkaliumlösung wird das Sekret braun und vakuolig; auch Fällungen treten auf. Mit Vanillinsalzsäure färbt sich das Sekret blutrot und diese Färbung erhält sich nach vielstündigem Liegen der Präparate. Bemerkenswert ist, daß auch mit konzentrierter Salzsäure allein eine Rot-, manchmal sogar eine Purpurrotfärbung eintritt und daß selbst nach mehrstündigem Liegen der Präparate, wenn die Färbung ins Braune umschlägt, der Stich im Rot erhalten bleibt; das Anthocyan ist bei dieser Färbung nicht beteiligt. Kalkoxalatkristalle habe ich nicht gesehen. Achselschüppchen aus zwei Zellagen, welche Schleim ausscheiden, hat Schilling (18) an der Basis junger Blätter konstatiert.

H. asiatica ist eine selbständige Art. Dafür sprechen schon die Angaben von Maximowicz bei Ascherson und Gürke (15) über anders beschaffene Staubblätter und Narben, dann auch die Beschaffenheit der Stipeln — ganz: „stipula adnata“ und nicht geteilt: „stipulae laterales“ — bei Glück (Die Stipulargebilde der Monokotyledonen, in Verh. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg, N. F. VII, 1901, S. A. p. 3 und 21 sqq., Taf. I und II). Dazu kommen einige nicht unwesentliche Verschiedenheiten in der Blattstruktur, wie aus den folgenden Angaben hervorgeht. In erster Linie ist das Vorkommen der Spaltöffnungen auf beiden Blattseiten zu erwähnen; unterseits liegen sie einzeln oder zu mehreren über jeder Luftkammer. Oberseits ist die gegenseitige Lagerung der Stomata stellenweise eine parallele, unterseits eine ziemlich regellose. Aus dem Auftreten der Spaltöffnungen auf der Unterseite geht hervor, daß die Blätter der von mir untersuchten Pflanze Luftblätter und keine Schwimmblätter sind. Das ist bemerkenswert, einmal deshalb, weil über die nähere Natur von *H. asiatica* als Wasser- oder Sumpfpflanze in der Literatur nichts gesagt ist, sodann, weil aus der kräftigen Entwicklung — die Blattstiele messen bis über 13 cm, die Breitendurchmesser der Spreiten bis $6\frac{1}{2}$ cm — unter Berücksichtigung der bekannten Arbeit von Glück (Biolog. und morpholog. Untersuch. über Wasser- und Sumpfgewächse, 2. Teil, 1906, p. 171—172 und Taf. VI, Fig. 74—75) hervorgeht, daß die mir vorliegende Pflanze von *H. asiatica* keine Landform von *H. morsus ranae* sein kann. Die von Glück gezogenen und auch im Freien angetroffenen Landpflanzen der letzteren Art sehen ganz anders aus, nämlich nur wie rudimentäre Pflanzen[1]). Bezüglich der Sekretzellen ist anzuführen, daß die epidermalen gänzlich fehlen und daß die anderen, die braunen, im ganzen Mesophyll vorkommen, in der oberen, namentlich vom Palisaden-

[1]) Aus Endknospen von Ausläufern gezogene kleine Landpflänzchen trugen nur oberseits Stomata. Dazu sei übrigens bemerkt, daß Wollenweber (20) für ein aus dem Wasser hervorragendes Blatt von *H. morsus ranae* „einige Stomata“ und „wellige Umrisse der umgebenden Zellen“ unterseits angibt.

gewebe eingenommenen Blatthälfte, wie in der unteren, dort in den Scheidewänden der oft zu 2—3 übereinander gelagerten Luftkammern. Die rotbraunen Idioblasten haben gewöhnlich dieselbe Gestalt, wie bei *H. morsus ranae*; doch sah ich auch einzelne mehr schlauchförmige im Palisadengewebe. Kalkoxalat ist sehr reichlich in Form von ganz kleinen Kristallkörpern ausgeschieden, die zu mehreren in jeder Mesophyllzelle vorkommen. Die oberseitigen Epidermiszellen haben dieselbe Beschaffenheit, wie bei *H. morsus ranae*, die unterseitigen deutlich gewellte Seitenränder. Die Leitbündel der größeren Nerven sind beiderseits von ziemlich weitlumigen und mäßig dickwandigen Faserzellen begleitet, die kleineren von einzelnen oder wenigen auf der Bastseite. Verkehrt orientierte kleinere Leitbündel finden sich auch bei *H. asiatica*.

Anhangsweise mag erwähnt sein, daß bei *H. morsus ranae* in ähnlicher Weise, wie bei *Ottelia*, das Innere der Fruchtknotenhöhlung mit einer zähen Schleimmasse angefüllt ist. Diese quillt mit Wasser auf, ist optisch inaktiv, wird bei Behandlung mit Jodjodkaliumlösung und verdünnter Schwefelsäure zuerst blau oder stellenweise violett, während bei längerer Einwirkung diese Färbung verschwindet und im großen und ganzen einer gelblichen Platz macht. Der Schleim tingiert sich schön mit Anilinblaulösung, dagegen nur schwach mit Methylenblau. Besondere den Schleim produzierende Zellgruppen sind hier nicht vorhanden; es wird vielmehr die Epidermis der ganzen Innenwand, einschließlich der 6 gegen das Zentrum der Fruchtknotenhöhlung vorspringenden Plazentarlamellen von Schleim sezernierenden subpapillösen Zellen gebildet.

Untersuchungsmaterial: *H. morsus ranae* L., pl. v. et s., Erlangen. — *H. asiatica* Miq., Maximowicz, Iter II, Japonia, H. M.

Literatur: 2. Chatin, p. 6—10 u. pl. II—III; 18. Schilling, p. 335; 20. Wollenweber, p. 17—18; 21. Weinrowsky, p. 36; 22. Kirchner, Löw und Schroeter, p. 707—714.

13. Limnobium.

Die einzige Art, *L. Spongia* (Bosc) Rich., besitzt nach den Ausführungen von Bosc (in Ann. du Mus. d'hist. nat. IX, 1807, p. 396—398 und pl. 30), sowie von A. Richard (in Mém. de l'Institut de France 1811, Sec. partie, 1814, p. 32 und pl. 8) zuerst kürzer gestielte Blätter mit schwimmenden, den Blattflächen von *Hydrocharis morsus ranae* oft zum Verwechseln ähnlichen Spreiten und entwickelt später mit den Blüten länger gestielte und über dem Wasser sich erhebende Blätter, deren Spreiten am Grund nur schwach herzförmig sind. Die Spreiten der Schwimm- und Luftblätter haben die gleiche Nervatur, wie bei *Hydrocharis*. Das von mir untersuchte Herbarmaterial von Curtiss zeigte lediglich die Blätter der zweiten Form, während mir Schwimmblätter und nur diese von lebenden, durch Haage und Schmidt bezogenen Pflanzen zur Verfügung waren. Die anatomische Struktur des Blattes[1])

[1]) *L. Spongia* war bisher in anatomischer Hinsicht nicht untersucht. Was Chatin (2) unter „Limnobium Spongia Auct." vorgelegen hat, war nach der Herkunft des Materials (Surinam!, während *L. Spongia* nur in Nordamerika vorkommt,) *Hydromystria stolonifera* W. Meyer (näheres s. unter *Hydromystria*).

ist eine ähnliche, wie bei *Hydrocharis*. Der Blattbau ist in den beiden Blattformen bifazial mit oberseitigem, zwei- oder mehrschichtigem Palisadengewebe und mit weiten, durch einzellschichtige Wände voneinander getrennten Interzellularräumen über der unterseitigen Epidermis. Die Spaltöffnungen sind auf beiden Längsseiten von je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle begleitet. Die Leitbündel enthalten typische Spiraltracheen und es finden sich, wie bei *Hydrocharis*, kleinere verkehrt orientierte Leitbündel. Die „braunen" Idioblasten fehlen auch nicht. Sie kommen in den Schwimmblättern nur im Blattstiel, in den Luftblättern auch in der Spreite vor. In den letzteren allein enthält die unterseitige subepidermale Zellschicht idioblastenartige Sekretzellen mit anderem Inhalt, nämlich solche, welche sich vor den braunen ganz wesentlich durch ihre beträchtlichere Größe und den hellen, in Alkohol löslichen und mit Alkalien sich gelbfärbenden Inhalt auszeichnen. Auch das Vorkommen von Kalkoxalat in Form von kleinen sandartigen bis nadelförmigen Kristallkörpern ist an dieser Stelle zu verzeichnen.

Über die genauere Struktur der Schwimmblätter ist folgendes anzuführen. Die unterseitigen Epidermiszellen sind in der Flächenansicht ziemlich groß polygonal; die oberseitigen sind kleiner, ihre Seitenränder bei hoher Einstellung deutlich kleinwellig, bei tiefer gerade. Die Spaltöffnungen finden sich nur oberseits. Sie sind in größeren Arealen parallel zueinander gelagert und mit parallelen Nebenzellen versehen. Die obere Hälfte des Mesophylls besteht aus einem zweischichtigen breit- und kurzgliedrigen palisadengewebeähnlichen Parenchym, das die Atemhöhlen einschließt, dann aus mehr rundlichzelligem Parenchym mit Luftlücken in 1—2 Reihen auf dem Querschnitt, während die untere die weiten subepidermalen Luftlücken in einer Reihe enthält, die voneinander durch einschichtige Vertikalwände getrennt sind, deren Zellen in der Flächenansicht wenig gebogene Seitenränder und dazwischen kleine Interzellularen zeigen. Das Gewölbe der großen Luftkammern und die Abgrenzung der unteren Mesophyllhälfte nach oben wird von einer Parenchymschicht gebildet, deren Zellen grob undulierte Seitenränder haben, auch kleine Interzellularräume zwischen sich nehmen. Die größeren, stets normal orientierten Leitbündel sind beiderseits von einem Sklerenchymfaserbogen begleitet; die kleineren der oberen Mesophyllhälfte zeigen den Holzteil nach unten, den Bastteil nach oben gerichtet und besitzen beiderseits oder nur am Bast- oder Holzteil einige Sklerenchymfasern. Die Sklerenchymfasern sind nie sehr englumig. Die an meinem Material[1]) auf der unteren Blattseite sichtbare, rote Felderung ist dadurch bewirkt, daß die Zellen der untersten Mesophyllzellschicht Anthocyan enthalten. Von Sekretzellen finden sich nur die „braunen" Idioblasten und diese nur im Blattstielgewebe. Sie liegen dort namentlich in den perforierten Querdia-

[1]) Nach Ascherson und Gürke (15) sind die Blätter öfters unterseits schwammig aufgetrieben, wie bei *Hydromystria* (s. auch Bosc und Richard, ll. cc.).

phragmen der Lufträume, sind kugelig und springen in die Interzellularräume vor. Ihr Sekret ist in der lebenden Pflanze hell oder durch Anthocyangehalt rötlich bis intensiv rot gefärbt. Mit Dämpfen von Salpetersäure und ebenso mit Javelle scher Lauge färbt es sich rotbraun. Mit Eisenchloridlösung tritt Gerbstoffreaktion ein. Mit Vanillinsalzsäure färbt sich das Sekret blutrot; die Farbe erhält sich 24 und mehr Stunden. Mit reiner Salzsäure tritt eine mehr hellbraunrote, zuweilen auch eine blutrote Färbung ein, die sich lange Zeit erhält und die ich deshalb nicht dem Anthocyan zuschreiben kann. „Myriophyllin“ scheint übrigens nicht nur in den Idioblasten, sondern auch sonst im Blattgewebe vorzukommen.

Die Luftblätter besitzen eine unterseitige Epidermis, die sich aus Zellen mit schwach- und kleinwellig gebogenen Seitenrändern und zahlreichen Spaltöffnungsapparaten zusammensetzt. Die oberseitigen Epidermiszellen haben kleinzackige Seitenränder, die bei tiefer Einstellung geradlinig sind, und schließen ebenfalls viele, nur etwas kürzere Schließzellenpaare ein. Die Spaltöffnungen beider Blattflächen verhalten sich bezüglich ihrer gegenseitigen Lagerung und der Nebenzellen, wie die der Schwimmblätter; unterseits liegen sie in der Regel zu mehreren über jeder Luftkammer. Die obere Hälfte des Mesophylls besteht in ihrem oberen Teil aus einem etwa vier- und unregelmäßig-schichtigen Palisadengewebe, mit den Atemhöhlen zwischen den Zellen, in ihrem unteren Teil aus rundlichzelligem Parenchym. Die Grenzschicht der beiden Mesophyllhälften, die das Gewölbe der großen, in der unteren Hälfte gelegenen, subepidermalen Luftkammern bildet, ist etwas anders beschaffen, wie in den Schwimmblättern; sie zeigt in der Fläche rundliche Zellen mit ein klein wenig größeren Interzellularräumen. Die Vertikalwände zwischen den weiten Luftkammern sind wieder nur eine Zelle dick. Die größeren und kleineren Leitbündel der Nerven sind gewöhnlich beiderseits mit Sklerenchymfasern von derselben Beschaffenheit, wie in den Schwimmblättern, versehen; die kleineren der oberen Blatthälfte wieder invers, mit dem Holzteil nach unten gerichtet. Sekretzellen[1]) finden sich zweierlei in den Scheidewänden der unteren Mesophyllhälfte, nämlich kleinere mit einem Durchmesser von 30—42 μ und mit gelbbraunem, gerbstoffhaltigem Inhalt, der sich mit Eisenchloridlösung schwärzt und mit Vanillinsalzsäure (aber nicht mit Salzsäure allein) eine braunrote Tinte annimmt und größere mit einem Durchmesser von 54—70 μ und mit hellem, stark lichtbrechendem Inhalt, der mit Kalilauge und Javellescher Lauge und ebenso mit Jodjodkaliumlösung gelb wird, mit Eisenchloridlösung sich nicht verändert und in Alkohol löst. Die beiden Arten von Sekretzellen sind meist kugelig und ragen mit konvexen Flächen in die Interzellularräume hinein. Oft liegen auch zwei braune oder zwei oder drei helle oder eine braune und

[1]) Die folgenden Angaben beziehen sich, wie nochmals hervorgehoben werden soll, auf Herbarmaterial.

eine helle Sekretzelle dicht nebeneinander. Das Vorkommen der hellen, aber nicht der braunen, ist auf die unterseitige subepidermale Zellage beschränkt. In den Blattstielen sah ich nur größere und kleinere gelbbraune Idioblasten.

Untersuchungsmaterial: Curtiss n. 2749, N. W. Florida, H. M.; pl. v. foliis natantibus, Haage u. Schmidt.

14. Hydromystria.

Von *H. stolonifera* F. G. W. Meyer konnte ich langgestielte Luftblätter mit großer, fast kreisrunder Spreite, die sich keilförmig in den Blattstiel verschmälert, an einem von Sintenis gesammelten Herbarexemplar, sowie die kurzgestielten und mit kleinerer, schwach herzförmiger, unterseits schwammig aufgetriebener Spreite versehenen Schwimmblätter der unter dem Namen *Trianea bogotensis* in unseren Glashäusern kultivierten Pflanzen untersuchen. Auch in anatomischer Beziehung steht *Hydromystria, Limnobium* und *Hydrocharis* nahe; sie teilt mit ihnen die folgenden Strukturverhältnisse des Blattes: Schließzellenapparate, rechts und links mit je einer zum Spalt parallelen Nebenzelle, bifazialen Blattbau mit oberseitigem Palisadengewebe und einem unterseitigen, namentlich eine Schicht weiter subepidermaler Luftkammern einschließenden Schwimmgewebe, typische Spiraltracheen in den Nervenleitbündeln und das Vorkommen von kleineren, verkehrt orientierten Leitbündeln in der oberen Mesophyllhälfte. Dagegen fehlen typische Sekretzellen bei *Hydromystria* vollkommen, sowohl in der Blattspreite, wie im Blattstiel.

Die Schwimmblätter sind dick und unterseits schwammig infolge der Ausbildung der unteren Mesophyllhälfte zu einem Schwimmgewebe bis auf eine ganze schmale Randzone des Blattes. Nach Wegnahme der unterseitigen Epidermis durch einen Flächenschnitt treten unterseits die senkrecht zur Blattfläche gestellten prismatischen Interzellularräume entgegen, welche in der Umgebung der Insertionsstelle des Blattstiels sehr hoch sind und von da aus gegen den Blattrand zu sukzessiv an Höhe abnehmen. Die unterseitige Epidermis zeigt in der Flächenansicht polygonale Zellen und keine Stomata. Die Längswände der prismatischen Interzellularen sind im größten Teil ihrer Länge, nämlich abgesehen von ihren der unterseitigen Epidermis zunächst liegenden Teilen, in welchen kleine, normal orientierte Leitbündel verlaufen, nur eine Zelle dick; ihre Zellen sind in senkrechter Richtung zur Blattfläche gestreckt, mit grobwelligen Seitenrändern versehen und nur ganz selten von winzigen Interzellularen unterbrochen. Die oberseitigen Epidermiszellen sind etwas kleiner, als die unterseitigen, ihre Seitenränder bei hoher Einstellung deutlich und kleinwellig, bei tiefer gerade. Die Spaltöffnungen sind auf der Oberseite nicht sehr zahlreich; sie liegen einzeln über den Atemhöhlen und sind auf größere Stücke der Blattfläche hin parallel zueinander. Die obere Mesophyllhälfte enthält ein zwei- bis dreischichtiges Palisadengewebe aus breit-

und kurzgliedrigen Zellen, dem sich nach unten ein lückiges Gewebe anschließt, dessen mehr isodiametrische und flache Zellen grobwellige Seitenränder und dazwischen kleine Interzellularen haben und die nur eine Zelle dicken Scheidewände zwischen den ziemlich großen, bis zu zwei in der Richtung der Blattdicke vorhandenen Interzellularräume bilden. Die Gewölbeschicht über den prismatischen Luftkammern wird aus ähnlich beschaffenen Zellen mit grobundulierten Seitenrändern gebildet. In der oberen Mesophyllhälfte sind größere und kleinere Leitbündel eingelagert, welche verkehrt orientiert und mitunter von ziemlich weitlumigen Sklerenchymfasern begleitet sind. Die großen Nervenleitbündel sind normal orientiert und besitzen beiderseits ziemlich weitlumige Faserzellen, am Holzteil gewöhnlich mehr. Auch sind die größeren und kleineren Leitbündel von einer mehr oder weniger hervortretenden Parenchymscheide aus ungleich großen Zellen umschlossen. Typische Sekretzellen fehlen in der Spreite, wie im Blattstiel. Im Blattstiel, besonders in den Querwänden der Lufträume trifft man Zellen an, welche infolge ihrer Rotfärbung durch Anthocyan idioblastenartig hervortreten. Ihr Inhalt färbt sich mit Javellescher Lauge und mit Dämpfen von Salpetersäure nicht braun. Danach können sie nicht den „braunen Idioblasten" von *Hydrocharis* und *Limnobium* homolog sein. Es muß aber bemerkt werden, daß ein Teil ihres Inhaltes mit Vanillinsalzsäure, allerdings auch mit konzentrierter Salzsäure allein, sich blutrot färbt und daß die Färbung noch nach zwölf Stunden unverändert ist. In den mit Javellescher Lauge gebleichten Schnitten wurden hier und dort nadelförmige bis sandartige Kristallkörper (Kalkoxalat?) beobachtet. An der Basis der jungen Blätter hat Schilling (18) zweizellschichtige und Schleim sezernierende Achselschüppchen angetroffen.

Die Struktur der Luftblätter ist eine ähnliche, abgesehen namentlich von der Beschaffenheit der unterseitigen Epidermis und der geringeren Entwicklung der prismatischen Interzellularen der unteren Blatthälfte. Die oberseitigen Epidermiszellen haben kleinzackige oder kleinwellige, bei tiefer Einstellung geradlinige Seitenränder, die unterseitigen schwach kleinwellige. Die unterseitige Epidermis enthält gleich der oberseitigen Stomata, die aber etwas länger sind, und zwar deren mehrere über jedem Interzellularraum. Die Lagerung der Stomata ist beiderseits dieselbe, wie am Schwimmblatt. Der Blattquerschnitt zeigt in der Nähe der größeren Nerven bis drei große Interzellularräume übereinander. Die einschichtigen Gewebelamellen zwischen den Interzellularen, ebenso wie die Gewölbeschicht des ganzen Interzellularsystems bestehen aus Zellen mit mehr oder weniger stark gebogenen Seitenrändern und kleinen Interzellularen dazwischen. Das Gefäßbündelsystem hat dieselbe Beschaffenheit, wie in den Schwimmblättern. Es finden sich die inversen kleineren Leitbündel der oberen Mesophyllhälfte und ebenso die kleinen, normal orientierten und der unterseitigen Epidermis genäherten in den Scheidewänden der Lufträume. Die Sklerenchymfasern sind reichlicher, die Parenchymscheiden deutlicher entwickelt, wie im Schwimmblatt.

Untersuchungsmaterial: Sintenis n. 5779, Portorico, H. M.; *Trianea bogotensis* Karst., Hort. E.

Literatur: 2. Chatin, p. 10—12 u. pl. IV[1]); 14. Dammer, p. 1—17; 18. Schilling, p. 335.

Inhaltsübersicht des speziellen Teiles.

Verzeichnis der Figuren.

Literatur.

1. Chatin, Mémoire sur le *Vallisneria spiralis* L., Paris 1855, 31 pp., 5 tab.
2. —, Anatomie comparée des végétaux, Livr. 1—2: Plantes aquatiques, 1856 u. 1862, p. 1—36, pl. I—XI.
3. Caspary, Die Hydrilleen, in Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. I, 1858, p. 377—513 u. Taf. XXV—XXIX. (Siehe auch: Ders., in Bot. Zeitung, 1852, p. 685 u. 1856, p. 899—901.)
4. —, Über das Vorkommen der *Hydrilla verticillata* in Preußen etc., in Amtl. Ber. üb. d. XXXV. Versamml. deutsch. Naturf. u. Ärzte in Königsberg 1860, ed. 1861, p. 293—310 u. Taf. IV—VII.
5. Irmisch, Über das Vorkommen von schuppen- od. haarförmigen Gebilden innerhalb der Blattscheiden bei monokotylischen Gewächsen, in Bot. Zeitung, 1858, p. 177—179. (Siehe auch Ders., in Bot. Zeitung, 1859, p. 356, Anm.)
6. Magnus, Anatomie der Meeresphanerogamen, in Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde, Berlin, 1870, ed. 1871, p. 85 sqq.

[1]) Das Untersuchungsmaterial von Chatin ist als *Limnobium Spongia* Auct., unter Hinzufügung von *L. Bosci* Rich., *Hydrocharis Spongia* Bosc und *Hydromystria stolonifera* W. Meyer als Synonyme, bezeichnet und seine Anatomie so ungenügend dargestellt, daß sich aus dieser allein nicht feststellen ließe, ob *Limnobium Spongia* Rich. oder *Hydromystria stolonifera* Meyer von Chatin untersucht worden ist. Aus der Anmerkung 2 auf p. 11, in welcher die Herkunft des Materials mit „Splitgerber, Surinam“ bezeichnet ist, geht aber hervor, daß Chatin *Hydromystria stolonifera* vorlag.

7. Horn, Zur Entwicklungsgeschichte der Blüte von *Elodea canadensis*, in Arch. d. Pharmaz., Jahrg. 51, 1872, p. 426—433 u. Taf.
8. Falkenberg, Vergleichende Untersuchungen über den Bau der Vegetationsorgane der Monocotyledonen, Stuttgart, 1876, p. 27—30.
9. De Bary, Vergleichende Anatomie, 1877.
10. Balfour, On the genus *Halophila*, in Transact. and Proceed. of the Bot. Soc. Edinburgh, XII, p. II, 1878, p. 290—343 u. pl. VIII—XII.
11. Müller, J. Fr., Die Entwicklung von *Vallisneria spiralis*, in Hanstein, Bot. Abhandl. III, 4, 1878, p. 31—70 u. Taf. 6—9.
12. Holm, Recherches anatomiques et morphologiques sur deux Monocotylédones submergées (*Halophila Bailloni* Asch. et *Elodea densa* Casp.), in Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handl. IX, n. 13, 1885, 24 pp., 4 pl.
13. Schenck, H., Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse, in Bibliotheca botan. H. 1, 1886.
14. Dammer, Beiträge zur Kenntnis der vegetativen Organe von *Limnobium stoloniferum* Griseb. etc., Diss. Freiburg i. Br., 1888, 17 pp.
15. Ascherson u. Gürke, Hydrocharitaceae, in Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. II, Abt. 1, 1889, p. 241—242.
16. Sauvageau, Sur la feuille des Hydrocharidées marines, in Journ. de botan. IV, 1890, n. 15 u. 16, p. 269 u. 289 sqq. (Siehe auch Ders., La présence de diaphragmes dans les canaux aerifères de la racine, in Compt. rend. Paris, T. CVI, Janv.-Juin 1888, p. 78—79.)
17. Schencke, Über *Stratiotes aloides*, Diss. Erlangen, 1893, 28 pp. u. Taf.
18. Schilling, Anatomisch-biologische Untersuchungen über die Schleimbildung der Wasserpflanzen, in Flora, 78, 1894, p. 333—336.
19. Chauveaud, Structure de la racine de l'*Hydrocharis morsus ranae*, in Revue gén. de botan. IX, 1897, p. 305—312.
20. Wollenweber, Vergleichende Anatomie der Schwimmblätter, Diss. Freiburg i. Br., 1997, p. 17—18 u. 21—22.
21. Weinrowsky, Untersuchungen über d. Scheitelöffnungen bei Wasserpflanzen, Diss. Berlin, 1898, p. 19—20 u. 36.
22. Kirchner, Löw u. Schroeter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. I, Abt. 1, 1908, p. 665—714.
23. Veres, Mihaly, Adatok a *Stratiotes aloides* L., ismeretéher, Diss. Budapest, 1908, 40 pp., 3 Taf. (Von mir nicht gesehen.)
24. Cunnington, Anatomy of *Enhalus acoroides*, in Transact. of the Linn. Soc. of London, Vol. VII, part 16, 1912, p. 355—371 u. pl. 36.

Botanisches Institut Erlangen, Oktober 1912.

Die Variationskurven von Cornus mas L. und Aucuba japonica L.

Von

M. Nieuwenhuis—von Uexküll-Güldenband,
Leiden (Holland).

Bevor ich mit meinen eigenen Untersuchungen beginne, erlaube ich mir eine kurze einleitende Betrachtung über die wichtigsten bis jetzt durch biometrische Untersuchungen bei Pflanzen festgestellten „Reihen".[1])

Das Studium der fluktuierenden Variation bestimmter Merkmale der Organismen, mit dem sich vor allem im letzten Dezennium zahlreiche Forscher beschäftigt haben, brachte ans Licht, daß die Maxima der Variationskurven in zahlreichen Fällen mit den Haupt- oder Nebenzahlen der sog. Fibonaccireihe[2]) zusammenfallen. Es gilt dies vor allem für die Strahlblüten der Kompositen, die Doldenstrahlen der Primulaceen und Umbelliferen, die Blütenteile der Ranunculaceen, die Blütenstände der Papilionaceen, die Anzahl der Blätter an den Jahrestrieben einiger Laubbäume, die Zahl der Nebenrispen an den Blättern von *Fagus silvatica*, *Carpinus betulus* etc. Bekanntlich hat Ludwig[3]) eine sehr klare, einleuchtende und bis zu einem gewissen Grade auch befriedigende mathematisch-biologische Erklärung für diese Erscheinung gegeben, indem er annimmt, daß bei der Zweiteilung einer Zelle die eine Tochterzelle einen Tag nötig hat, um zu reifen und sich wieder teilen zu können, die zweite dagegen eine doppelt so lange Zeit, also zwei Tage. Diese Annahme einer inäqualen Zellteilung nach obigem Schema

---

[1]) Eine gute Übersicht über diese Reihen findet man auch in „De statistische Methode in de Plantkunde" von C. de Bruyker, Gent 1910, ein Buch, das zur Einführung in die Biometrie ebenso geeignet ist wie die Arbeit von Vogler: „Probleme und Resultate variationsstatistischer Untersuchungen an Blüten und Blütenständen", St. Gallen 1911, in der vor allem die kritischen Betrachtungen wertvoll sind.

[2]) 1, 3, 5, 8, 13, 21, 34 u. s. w. für die Hauptreihe, wobei jede folgende Zahl gleich der Summe der beiden vorhergehenden ist, und 2, 4, 6, 8, 10, 16, 18 u. s. w. für die Nebenreihe.

[3]) Bot. Centralbl. LXIV. 1895. p. 103.

ergibt in der Tat einen Entwicklungsmodus nach den Zahlen 1, 3, 5. 8, 13, 21 etc., also der Fibonaccireihe.

Ludwig dehnt nun dieses Gesetz, das er zuerst für die Entwicklung einer Zelle angenommen hat, auch auf die des ersten Anlagegewebes aus.

Ritter,[1]) der das Ludwigsche Gesetz noch weiter ausgebaut und seine Gültigkeit noch mehr verallgemeinert hat, legt es auch dem Flächen- und Dickenwachstum zu Grunde. Vogler,[2]) anfänglich ein Anhänger der Ludwigschen Theorie, hat neuerdings, gestützt auf eigene, ausgebreitete statistische Untersuchungen, strenge Kritik an ihr geübt. Er schließt sich jetzt der Ansicht Weißes[3]) an, der bereits 1897 bewiesen hatte, daß die so häufig vorkommenden Gipfel bei den Zahlen 3, 5, 8, 13 etc. nicht zur Fibonacci-, sondern zur bekannten Braun-Schimperschen Hauptreihe, den Spiralen $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$ etc. zu zählen seien.

Für die Entwicklung der Trientalisreihe (1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, 47 etc.) hat Ludwig[4]) in seinen Beiträgen zur Phytarithmetik ein Schema angegeben. Vogler[5]), der diese Reihe auch für die Nebendolden von *Astrantia major* konstatiert hatte, ist jetzt der Ansicht, daß sich auch die „Trientalisgipfel“ besser im Anschluß an die Reihe von Braun-Schimper, und zwar die Nebenreihe, die Spiralen $^1/_3$, $^1/_4$, $^2/_7$, $^3/_{11}$, $^5/_{18}$ etc. erklären ließen.[6])

Meiner Ansicht nach werden über den Wert der Ludwigschen Theorie eher praktische Erfahrungen, d. h. umfangreiche Zählungen an biologisch scharf gesichtetem Material, als theoretische Spekulationen eine Entscheidung bringen. Zu spärliches und zweifelhaftes Material — zu umfassende und weittragende Theorien, das ist der Eindruck, den ein großer Teil der variationsstatistischen Arbeiten auf den Leser macht. Zur Erläuterung ein Beispiel. 1902 zählte Vogler[7]) die Doldentrauben von 1000 Blütenständen von *Cardamine pratensis* aus. Das Material stammte von drei verschiedenen Standorten — die lokalen Einflüsse können somit groß gewesen sein — über den Zeitpunkt, in dem die Blütenstände gepflückt wurden, ist nichts ausgesagt, obgleich auch dieser erwiesenermaßen von Bedeutung sein kann. Schließlich wurden von den beiden ersten Gruppen im wesentlichen nur die Blütenstände der Hauptachsen berücksichtigt, von der dritten auch alle Nebenachsen. Daß die Kurve, die dieses heterogene Material schließlich zu einem gemeinsamen Ausdruck brachte, sehr unregelmäßig und vielgipfelig ausfiel, wobei ihre Maxima teilweise der Fibonacci-, teilweise der Potenzreihe angehörten, nimmt uns weiter nicht

---

[1]) Beihefte Bot. Centralbl. XXII. 1907. XXIII. 1908 u. XXV. 1910.

[2]) l. c. p. 53 - 65.

[3]) Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 30. 1897. p. 453—482.

[4]) Bot. Centralbl. Bd. 71. 1897. p. 262.

[5]) Sonderabdruck aus „Beihefte z. Bot. Centralbl.“ Abt. I. Bd. XXIV. 1908.

[6]) Probleme und Resultate variationsstatistischer Untersuchungen an Blüten und Blütenständen. St. Gallen 1911. p. 63.

[7]) Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Sonderabdruck aus Jahrg. XLVII. 1902. p. 435 - 436.

Wunder. Während sich nun Vogler mit einer einfachen Konstatierung der Tatsachen begnügt und auf jegliche Schlußfolgerung verzichtet hatte, erschien bereits nach kurzer Zeit eine theoretische Erklärung der Cardaminekurve von Wasteels[1]) und de Bruyker[2]) hat sie in seiner Aufzählung der im Pflanzenreich vorkommenden Reihen als „Cardaminereihe" aufgenommen.

Die Vielfachen der Zahl 3 konstatierte Ludwig[3]) für die Blütenzahl von *Lonicera caprifolium;* ferner ergab die Variationskurve für die Anzahl Staubfäden bei *Mercurialis annua* einen Hauptgipfel bei 9 und einen Nebengipfel bei 12.

Die Vielfachen von 5, oder doch wenigstens eine „Vorliebe für die Ausbildung der mehrfachen Werte" von 5, beobachtete de Vries[4]) bei der Anzahl Staubfäden von *Geranium molle fasciatum;* nach Ludwig[5]) kommen die Staubgefäße bei den Rosaceen vorwiegend in Multiplis von 5 vor, so z. B. bei *Pirus communis* und *Crataegus Oxyacantha.*

Die unpaaren Zahlen 3, 5, 7 sind bis jetzt, soweit mir bekannt, nur von de Vries[6]) für die Zahl der Teilblättchen bei *Trifolium pratense quinquefolium* gefunden worden. Im folgenden werden wir ein zweites und sprechenderes Beispiel in *Aucuba japonica* kennen lernen.

Die paaren Zahlen sind, als Reihe, nach de Bruykers[7]) Angabe im Pflanzenreich bis jetzt noch nicht konstatiert worden. Noch auffälliger ist es, daß die Potenzreihe 2^n nicht häufiger, bei den höheren Pflanzen überhaupt noch nicht angetroffen worden ist. O. Mueller[8]) beobachtete sie bei der Vermehrung der Bacillariacee *Melosira arenaria*; ferner ist sie für die Sporenzahl bei einigen Schwämmen, die Zähne des Moosperistoms etc. konstatiert worden.

Da der gewöhnliche Modus der Zellteilung gerade in einer fortgesetzten Zweiteilung besteht, fällt es umso mehr auf, daß die zahlreichen variationsstatistischen Untersuchungen bis jetzt bei den höheren Pflanzen kein Hervortreten der Zahlen der Potenzreihe 2^n ergeben haben. Vogler[9]) hat als erster darauf hingewiesen, daß anfangs nur Pflanzenarten mit pentameren Blüten untersucht wurden (Kompositen, Umbelliferen, Primulaceen) und daß es daher von Wichtigkeit sein könnte, Dikotyledonen mit der Vierzahl daraufhin zu untersuchen, ob die auftretende Zahl 4 einem inäqualen Verteilungsmodus (wie z. B. bei der Fibonaccireihe) oder einer äqualen Teilung nach der Potenzreihe 2^n entspricht. Seine eigenen

[1]) Handelingen van het zevende Vlaamsch Natuur- en Geneesk. Congres. Gent 1903. p. 150—151.

[2]) De Statistische Methode in de Plantkunde. Gent 1910. p. 145.

[3]) Beihefte Bot. Centralbl. 1900. p. 89—111.

[4]) Mutationstheorie. T. II. 1903. p. 576.

[5]) Bot. Centralbl. LXIV. 1895.

[6]) Bot. Jaarboek (Dodonaea). 1898.

[7]) l. c. p. 145.

[8]) Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIV. H. 2. p. 231—290.

[9]) Vierteljahrsschr. d. Nat. Gesellsch. Zürich. XLVII. 1902. p. 429.

Untersuchungen an *Knautia arvensis* und *Cardamine pratensis* ergaben, daß bei den Blütenständen beider Arten sowohl die Zahlen der Fibonacci- als die der Potenzreihe zutage treten. Ein vieldeutiges Ergebnis also!

Inbezug auf *Cornus mas* führe ich Voglers[1]) eigene Worte an: „Zum Schluß muß noch erwähnt werden, daß für *Cornus mas* sich die geraden Zahlen als „bevorzugte“ ergeben haben, was auch viel besser zu einer Anschlußtheorie paßt als zu einem Anlagenvermehrungsschema. Ich habe versucht, für Pflanzen mit tetrameren Blüten nachzuweisen, daß man die Gipfelzahlen bekomme, wenn man eine Anlagenvermehrung nach der Potenzreihe (2, 4, 8, 16) annehme; es ist mir aber nur gelungen, zu zeigen, daß für *Cornus* diese Annahme mehr Berechtigung habe als die nach Fibonacci. Und wenn ich heute das Resultat ansehe, so sagt es einfach, wie Ritter nachgewiesen, daß eben, der gekreuzten Blattstellung entsprechend, die geraden Zahlen bevorzugt sind.“

Zufälliger Weise haben einige Jahre nach Vogler drei verschiedene Forscher gleichzeitig und unabhängig voneinander neue Zählungen an *Cornus mas* vorgenommen: Ritter[2],) de Bruyker[3]) und ich. Es ist nun nicht uninteressant, die Ergebnisse dieser neuen Zählungen mit der ersten von Vogler zu vergleichen; ich gebe daher im folgenden eine Zusammenstellung derselben und gehe damit zu den eigenen Untersuchungen über.

Cornus mas L.

Eine Auszählung von 1000 Dolden von verschiedenen Sträuchern ergab bei Vogler[4]) nur Paarzahlen als Haupt- und Nebengipfel einer sehr unregelmäßigen, vielgipfeligen Kurve. Im Gegensatz hierzu fand de Bruyker, der 326 Dolden von *C. mas* auszählte, gerade bei den unpaaren Zahlen die Maxima, mit vollkommenem Ausschluß der Vielfachen von 4. De Bruyker meint, es würde sich durch eine ausgebreitete Untersuchung wohl feststellen lassen, ob hier vielleicht individuelle Unterschiede zwischen den untersuchten Sträuchern im Spiele seien.

Ritter wiederum, der seine Zählungen an einem sehr verkümmerten Strauche im Greizer Park vornahm, gelangte zu den gleichen Ergebnissen wie Vogler; er beobachtete ein diskontinuierliches Variieren der geraden Zahlen.

Meine eigenen Untersuchungen stellte ich an einem sehr alten, etwa 4$^1/_2$ m hohen Exemplar im eigenen Garten an.

Aus nebenstehender Tabelle I ist ersichtlich, daß meine Zählung vom Jahre 1910 mit derjenigen von Vogler und Ritter gut übereinstimmt, die Maxima liegen bei den geraden Zahlen. Im Jahre 1911 erhielt ich jedoch einen Hauptgipfel bei einer unpaaren Zahl (13) und einen zweiten bei einer paaren (16). Diese

[1]) Probleme u. Resultate etc. St. Gallen 1911. p. 65.
[2]) Beih. Bot. Centralbl. Bd. XXV. 1910. p. 21.
[3]) l. c. p. 143—144.
[4]) Vierteljahrsschr. d. Nat. Gesellsch. Zürich. XLVII. 1902. p. 430—431.

Zählung entspricht somit teilweise derjenigen von de Bruyker, teilweise denjenigen von Vogler und Ritter. Diese Unterschiede können nun nicht, wie de Bruyker vermutete, auf einer individuellen Verschiedenheit der untersuchten Sträucher beruhen, da ich ja in beiden Jahren die Dolden desselben Exemplars auszählte. Außerdem müßte man dann annehmen, daß Ernährungseinflüsse den Entwicklungsmodus, von dem man ja voraussetzt, daß er für eine bestimmte Art, einen bestimmten Organismus oder einen Teil desselben charakteristisch ist, prinzipiell ändern könnten, was ja nicht von vornherein ausgeschlossen, aber doch recht unwahrscheinlich ist.

Tabelle I. *Cornus mas*.
Anzahl der Blüten in der Dolde.

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vogler 1903	—	3	1	6	8	23	24	35	40	57	40	48	45	70
De Bruyker 1910	—	—	1	3	2	6	6	9	7	11	11	18	27	16
Ritter 1910		2	2	7	13	23	23	32	50	72	48	52	28	36
Nieuwenhuis v. Uexküll 1910		6	3	13	14	17	28	43	58	84	72	82	70	82
„ „ 1911	1	8	20	33	49	48	54	69	107	171	201	190	168	197

	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Vogler 1903	60	61	59	80	48	60	52	50	28	22	22	11	15	7	4
De Bruyker 1910	25	10	25	18	22	19	13	10	16	8	7	2	5	3	—
Ritter 1910	17	29	9	10	2	3	1	4	—	—	—	—	—	—	—
Nieuwenhuis v. Uexküll 1910	64	51	43	63	40	37	25	24	26	16	11	13	4	2	2
„ „ 1911	129	92	89	79	60	53	43	24	17	21	17	12	10	9	7

	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46	50	Total
Vogler 1903	2	1	2	2	4	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1000
De Bruyker 1910	6	3	6	2	2	2	2	—	—	—	—	1	—	1	1	326
Ritter 1910	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	460
Nieuwenhuis v. Uexküll 1910	5	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000
„ „ 1911	8	1	2	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000

Meiner Erfahrung nach haben die verschiedenen Zählungen bei *C. mas* aus ganz anderen, rein mechanischen Gründen zu so abweichenden, zum Teil einander strikt widersprechenden Resultaten geführt. Bei sorgfältiger Zerlegung und Betrachtung der einzelnen Döldchen wird man wohl in der Mehrzahl derselben ein bis mehrere grüne oder schwarz-braune Körperchen finden — in verschiedenem Stadium der Entwicklung stecken gebliebene Blütenknospen. Sie sind bisweilen sehr deutlich sichtbar, bisweilen aber mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen. Es ist klar, daß diese verkümmerten Blüten oder Blütenanlagen auch bei sorgfältigster Zählung nicht oder nur teilweise mit einbegriffen werden können, so daß eine genaue Feststellung der Blütenzahl unausführbar wird. Die Fehler-

quelle wird noch dadurch vergrößert, daß die Blütenstiele sehr brüchig sind und die Blüten daher leicht abfallen.

Schade um die Zeit und Mühe, die an diesem für statistische Untersuchungen unbrauchbaren Material verschwendet worden sind! Ein Trost, daß sich bis jetzt noch kein Mathematiker gefunden hat, der eine „Cornusreihe" aufstellte!

In auffallendem Gegensatz zu *Cornus mas* waren die Ergebnisse der Zählungen an einer anderen Cornacee vollkommen eindeutig, nämlich bei:

Aucuba japonica L.

In seiner öfters zitierten Arbeit schreibt Vogler:[1]) „Bei systematischer weiterer Ausdehnung der Untersuchungen mit stetiger Berücksichtigung der Stellung der Blätter an den die zu untersuchenden Blüten und Blütenstände tragenden Achsen, wird voraussichtlich der enge Zusammenhang zwischen Blattstellung und „bevorzugten Zahlen" der Organe sich immer sicherer als allgemein gültig nachweisen lassen." Nun, die Blattstellung ist bei *A. japonica* an den die Blütenstände tragenden Achsen, wie an allen anderen, kreuzständig. Da ferner der Bau der Blüten ausgesprochen tetramer ist, sollte man nach obiger Voraussetzung für die Blüten eine Bevorzugung der Zahlen der Potenzreihe 2^n oder doch wenigstens der geraden Zahlen erwarten, aber allen scheinbar sehr begründeten Vermutungen zum Trotz haben mir die an drei verschiedenen Sträuchern vorgenommenen Zählungen eine unzweifelhafte Anordnung der Blüten nach der unpaaren Zahlenreihe ergeben. Ja, die Entwicklung der Infloreszenzen nach den unpaaren Zahlen ist so ausgeprägt, daß meistens die Stelle angegeben werden konnte, wo, im Falle wo die Zählung eine gerade Zahl ergeben hatte, die Bildung einer Blüte versagt hatte.

Ich habe die Zählungen in zwei aufeinander folgenden Jahren vorgenommen, und zwar nicht nur getrennt nach den Sträuchern, sondern auch getrennt nach den Haupt- und Nebenrispen.

Strauch A

ein großes ♀ Exemplar im Leidener botanischen Garten.

Tabelle II für die Hauptinfloreszenzen umfaßt für jedes Jahr (1910 und 1911) 700 Zählungen, deren Ergebnisse so gleichförmig sind, daß wir sie zusammenfassen können. Die Kurve ist 5gipfelig mit einem Hauptgipfel bei 5 und 3 anderen, sehr ausgesprochenen Gipfeln bei 7, 9 und 11.

Die Mediane weist fürs Jahr 1911 einen höheren Wert an als für 1910, nämlich 7,41, resp. 6,57.

Die Kurve für die Nebenrispen, Tab. III, ist eingipfelig und

[1]) Probleme u. Resultate etc. 1911. p. 65.

Tabelle II. A. *Aucuba japonica*, weibl. Strauch.
Anzahl der Blüten an den Hauptrispen.

Datum	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Total	Med.
19. Mai 1910	1	12	7	260	63	105	52	62	28	100	7	3	—	—	—	—	700	6,57
12. Mai 1911	—	5	4	164	17	175	32	73	17	169	9	33	—	1	—	1	700	7,41
Total	1	17	11	424	80	280	84	135	45	268	16	36	—	1	—	1	1400	

Tabelle III. A. Derselbe Strauch.
Anzahl der Blüten an den Nebenrispen.

Datum	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Med.
20. Mai 1910	16	38	461	122	58	3	2	—	—	—	700	3,18
10. Mai 1911	3	12	377	162	105	19	13	5	3	1	700	3,38
Total	19	40	838	284	163	22	15	5	3	1	1400	

schief. Charakteristisch ist der sehr hohe Gipfel bei 3 und die große Zahl der Plusvarianten.

Für die Medianen gilt das vorhin Gesagte.

Strauch B

♂ Exemplar im eigenen Garten.

Vergleichen wir die Tabellen IV und V mit II und III, so springt es in die Augen, daß die Variationsbreite beim männlichen Strauch viel größer ist als beim weiblichen. War bei diesem z. B. die Kurve für die Nebenrispen eingipfelig, so ist sie bei jenem siebengipfelig und bei einer umfangreicheren Zählung, wie sie für eine so große Variationsbreite erwünscht gewesen wäre (es wurden sämtliche Rispen gezählt), wären zweifellos außer den Gipfeln bei 5, 7, 9,

Tabelle IV. B. *Aucuba japonica*, männlicher Strauch.
Anzahl der Blüten an den Hauptrispen.

Datum	1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
24./26. April 1911	5	—	—	—	8	6	12	12	16	21	45	15	29	20	14	12	9	9	6	14	14
23. April 1911	2	—	1	1	9	1	7	1	12	1	53	10	26	5	25	5	17	3	19	7	19
Total	7	—	1	1	17	7	19	13	28	22	98	25	55	25	39	17	26	12	25	21	33

Datum	28	29	30	32	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	43	44	Total	Med.
24./26. April 1910	4	5	8	5	2	2	1	1	3	2	—	—	—	—	—	—	300	18,84
23. April 1911	7	13	4	12	5	6	1	9	3	3	1	5	2	2	1	2	300	21,34
Total	11	18	12	17	7	8	2	10	6	5	1	5	2	2	1	2	600	

Tabelle V. B. Derselbe Strauch.
Anzahl der Blüten an den Nebenrispen.

Datum	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
28. April – 3. Mai 1910	1	10	22	55	22	273	58	40	15	18	10	10	3	6	6	1	1	—	—
1.–5. Mai 1911	—	3	2	35	11	63	36	86	18	111	15	86	18	18	8	6	2	3	2
Total	1	13	24	90	33	336	94	126	33	129	25	96	21	24	14	7	3	3	2

Datum	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total	Med.
28. April – 3. Mai 1910	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	550	7,10
1.–5. Mai 1911	3	1	2	1	2	—	9	2	3	2	2	550	10,68
Total	3	1	2	1	2	—	9	2	3	2	2	1100	

11, 13, 15 und 27 auch noch zwischenliegende Maxima bei 17, 19, 21, 23 und 25 gefunden worden. Der Hauptgipfel des ♂ Exemplars liegt bei 7, des ♀ bei 3.

Dementsprechend konstatieren wir auch für die Hauptrispen von B weit höhere Werte und zahlreichere Gipfel als von A. Während das Maximum im vorigen Falle bei 5 gefunden wurde, liegt es in diesem bei 17. Allen Kurven gemeinsam ist jedoch die hervorragende Bevorzugung der ungeraden Zahlen.

Ein auffallendes Verhalten zeigen wiederum die Medianen. Für 1911 sind sie um ± 3 ganze Zahlen höher als für 1910. Dabei sind sie für die Haupt- und Nebenrispen in gleichem Verhältnis höher.

Strauch C. (*Aucuba japonica* var. *macrophylla.*)

Ein ♂ Exemplar im botanischen Garten.

Dieser dritte Strauch, eine Varietät der gewöhnlichen *A. japonica*, zeichnet sich durch eine noch größere Variationsbreite aus. Betrachten wir dessen Tabelle VI für die Hauptrispen, so sehen wir, daß in einem Spielraum von 5 bis 45, jeweils stärker oder schwächer, aber mit großer Regelmäßigkeit, die unpaaren Zahlen betont werden. Dasselbe gilt, entsprechend der kleineren Variationsbreite, für Tab. VII der Nebenrispen. Ein wenig ausgeprägtes Maximum bei 21 weisen die Hauptrispen auf; bei den Nebenrispen tritt dieses deutlich hervor bei 11.

Die Medianendifferenzen der aufeinanderfolgenden Jahre sind bei Strauch C noch weit größer als bei A und B, nämlich: für die Hauptrispen 1911 ist Med. = 24,64, für 1910 Med. = 18,8; für die Nebenrispen 1911 ist Med. = 17,35, für 1910 Med. = 10,61. Da diese sich in allen drei Fällen in gleichem Sinne äußern, d. h. für 1911 zum Teil sehr viel höhere Werte aufweisen als für 1910, liegt es wohl sehr nahe, diese Differenzen Witterungs-, also Ernährungseinflüssen zuzuschreiben.

Tabelle VI. C. *Aucuba japonica* var. *macrophylla*,
männlicher Strauch.
Anzahl der Blüten an den Hauptrispen.

Datum	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
27. Mai 1910	2	1	4	—	1	—	9	2	10	2	4	3	7	8	10	5	14	2	8	1	2
15. Mai 1191	—	—	1	—	—	—	1	—	3	1	1	—	3	1	12	1	12	7	7	4	14
Total	2	1	5	—	1	—	10	2	13	3	5	3	10	9	22	6	26	9	15	5	16

Datum	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	Total	Med.
27. Mai 1910	—	2	1	2	1	1	—	3	—	2	1	1	—	1	—	—	—	1	1	112	18,8
15. Mai 1911	3	3	—	7	5	5	2	6	5	9	5	9	5	7	1	8	3	11	32	188	24,64
Total	3	5	1	9	6	7	3	9	6	11	6	10	5	8	1	8	3	12	2	300	

Tabelle VII. C. *Aucuba japonica* var. *macrophylla*,
derselbe, männliche Strauch.
Anzahl der Blüten an den Nebenrispen.

Datum	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
27. Mai 1910	2	1	12	3	28	5	7	3	35	9	5	4	2	3	2	1	3	1	1	1	1
12. Mai 1911	—	—	2	—	9	3	11	3	31	2	25	7	26	9	21	5	30	11	17	9	21
Total	2	1	14	3	37	8	18	6	66	11	30	11	28	12	23	6	33	12	18	10	22

Datum	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	40	41	Total	Med.
27. Mai 1910	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	10,61
12. Mai 1911	4	8	5	11	5	2	—	2	1	3	2	1	2	1	3	292	17,35
Total	4	9	5	11	5	2	—	2	1	3	2	1	2	1	3	422	

Fassen wir die für die Blütenstände von *A. japonica* gewonnenen Resultate zusammen, so ergibt es sich:

1) Daß die Maxima der Kurven bei allen drei untersuchten Exemplaren mit großer Regelmäßigkeit bei den unpaaren Zahlen gefunden wurden.

2) Daß die Haupt- und Nebenrispen keinen prinzipiellen Unterscheid in ihrem Bau erwiesen haben.

3) Daß die männlichen Sträucher reichblütiger sind als die weiblichen, der Bau ihrer Blütenstände jedoch den gleichen Charakter trägt.

4) Daß die Medianen in allen 3 Fällen für 1911 zum Teil sehr viel höhere Werte ausgewiesen haben als für 1910.

5) Daß bei der Entwicklung der Blütenstände ein anderer Verteilungsmodus eine Rolle gespielt haben muß als bei derjenigen der Blüten selbst und der Blätter an den Blütenstandachsen.

Praecocifloren.

Von

Dr. E. Goeze.

Wohl mit Recht können schon sehr alte aber immer noch gleichbeliebte Gartenpflanzen, wie der Winterling, der schwarze Nießwurz, die Schlüsselblume, das Schneeglöckchen, der Kornelbaum, die mit ihren zierlichen Blüten das Herannahen des Frühlings verkünden, als Praecocifloren bezeichnet werden. Ganz anders verhält es sich aber mit solchen Arten, bezw. vereinzelten Individuen. insbesondere holzigen, welchen das Vermögen des Blühens in einem verfrühten, vielleicht darf man sogar sagen in einem unreifen Entwicklungsstadium eigen ist, und die sich damit von vornherein als Abnormitäten kennzeichnen. Daß hierbei ein zwergiger Habitus der ganzen Pflanze mit in Frage kommt, läßt sich nicht bestreiten, wenn auch anderseits zwischen der biologischen, meist nicht konstanten Erscheinung der Praecocität des Blühens und dem zunächst durch morphologische Veränderungen in der Tracht der Pflanze zum Ausdruck gelangenden konstanten Nanismus streng zu unterscheiden ist. Ab und zu wurde auf solche Praecocifloren schon hingewiesen, indessen bot die botanisch-gärtnerische Literatur nur wenige Anhaltspunkte, diesen Pflanzen weiter nachzuspüren. Hemsley veröffentlichte 1905 in Hookers „Icones Plantarum“ eine kleine Schrift; „*Swietenia Mahagoni* var. *praecociflora*, und 1906 erschien Diels hochinteressante Arbeit: „Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich“. Unsere Bemühungen, von nah und fern weiteres darüber zu erfahren, sind nicht ganz erfolglos geblieben, und wenn auch kultivierte Pflanzen hierbei zumeist in Frage kommen, da Beobachtungen an wildwachsenden, wie ja leicht begreiflich, nur selten angestellt wurden, so handelt es sich jedenfalls um eine Eigentümlichkeit, welcher weiter nachzuspüren für die Wissenschaft wie für die Praxis gleich anregend sein dürfte.

Bei normalblühenden Pflanzen ist ja als Hauptmoment die Länge der Zeit zu berücksichtigen, welche sie von der Keimung bis zur Blütenentwicklung beanspruchen, und Diels Ausspruch:

„im allgemeinen sieht man die Blütenentwicklung an ein gewisses Alter, das „spezifisch“ ist, gebunden“, ist durchaus zutreffend. Ihm zufolge darf man in Trockenheit und Qualitätsänderung der Nahrung eine Förderung der Blütenreife, in den Gegensätzen davon eine Störung derselben erkennen. Durch Feuchtigkeit wird bekanntlich die Entwicklung der vegetativen Organe beschleunigt, die Blütenbildung dagegen verzögert, wenn nicht gar beeinträchtigt. Trockner Boden und trockne Luft üben auf letztere einen günstigen Einfluß aus, in noch höherem Grade ist dies von feuchtem Boden und trockener Luft zu erwarten, während wiederum durch trocknen Boden und feuchte Luft, ebenso durch feuchten Boden und feuchte Luft eine Verzögerung des Blühens bedingt wird. In der dendrologischen Literatur wird auch darauf hingewiesen, daß die Blühbarkeit an exponierten trockenen Stellen in der Regel früher eintritt als an geschützten feuchten Lagen. „Empirisch deuten“, schreibt G. Krause, „alle Fälle von vorzeitiger Reife oder von Nanismus wiederum an, wie die Blütenreife durch Trockenheit oder Störung der vegetativ förderlichen Ernährung begünstigt wird.“ Gilt dies als Regel, so treten einem doch manche Fälle entgegen, bei welchen andere Agentien herangezogen werden müssen — schwache oder starke Beleuchtung, äußere Verletzungen an einem Organ, allgemeine Schwäche, nicht genügend ausgereifte Samen, unzeitiges Verpflanzen, zu dichtes Beisammenstehen in den Samenschalen oder Beeten und wohl noch andere mehr — um für vorzeitiges Blühen eine genügende Erklärung zu finden. Es ist auch durchaus nicht ausgeschlossen, daß alle Beweismittel hierfür versagen. Man hat auch versucht, für zwergiges und riesiges Wachstum eine Deutung zu finden, ebenso häufig aber ohne wie mit Erfolg. Sollten nicht Pflanzenindividuen vorkommen, welchen ad nucleo eine derartige Abweichung vom Normalen innewohnt, die also von allen äußeren Einflüssen unabhängig sind? Bei den meisten der bis jetzt beobachteten Praecocifloren ist ein solcher Nachweis freilich nicht nötig, bei einigen scheint diese Annahme jedoch begründet zu sein. Daß „die generative Reife der Pflanze nicht unwandelbar an eine bestimmte Stufe der vegetativen Entfaltung gebunden ist“, wird von Beijerinck ausdrücklich betont, und bei vielen Arten in den tropischen und subtropischen Ländern läßt dies sich nachweisen, und wenn auch in beschränkterer Weise, trifft es ebenfalls für die Vegetation der gemäßigten Zonen zu. Manchmal ist eine Pflanze trotz frühzeitigen Blühens dennoch befähigt, Früchte anzusetzen, Samen zu reifen oder auch normales Wachstum wieder einzuschlagen, nicht selten wird anderseits ein Schwächezustand dadurch bedingt, der ein mehr oder minder rasches Absterben herbeiführt. So berichtet Möbius (Beiträge zur Lehre der Fortpflanzung der Gewächse), daß gelegentlich in Samenbeeten Eichen und Götterbäume im ersten bis dritten Lebensjahre zum Blühen kamen, dann aber bald wieder eingingen. Graf von Schwerin, Präsident der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, hatte die Güte, auf eine darauf bezügliche Frage uns folgendes zu schreiben (11. April 1911): „Das Blühen und Fruchten an erst

zweijährigen Sämlingen von *Sambucus racemosus* und *Acer rubrum* ist bekannt. Ich betrachte das mitunter frühe Blühen und Fruchten von Sämlingen nicht als Nanismus, denn die Pflanze braucht ja gar nicht zwergig zu bleiben, sondern es kann dieser Vorgang entweder als eine einfache Variationsneigung des neuen Individuums zu frühzeitigem Blühen angesehen werden, oder, was wohl in den meisten Fällen zutreffen wird, es muß dieser Vorgang auf einen außerordentlich trockenen und dürren Sommer zurückgeführt werden.“ (Vergl. „Mitteilungen der D. D. G.“, 1910, S. 332). Herr L. Späth verwies uns (18. April 1911) auf *Colutea arborescens, Potentilla fruticosa, Cydonia Maulei, Ceanothus americanus,* die in seinen Baumschulen bisweilen schon als zweijährige Sämlinge in Blüte stehen. Wie verhalten sich nun wildwachsende Praecocifloren, deren Werdegang von Anfang an nicht zu verfolgen ist, bei welchen demnach die Länge der Zeit, die sie von der Keimung bis zum Blühen beanspruchen, nicht mit Sicherheit festzustellen ist? Nur so viel weiß man, daß derart auserlesene Individuen das Vermögen des vorzeitigen Blühens auch auf ihre Nachkommenschaft fortpflanzen können, die Praecocität bei ihnen dann eine zu vererbende ist, während mit Nanismus der Begriff des Konstanten immer verknüpft zu sein scheint. Befindet sich erstere nun im Gefolge des zwergigen Habitus, was wohl sehr häufig eintrifft, so dürfte die Bezeichnung Praecocifloren überhaupt hinfällig und nur dann anzuwenden sein, wenn umgekehrt der Nanismus durch jene herbeigeführt wird. Diese Erwägungen mögen vielleicht nicht einwandfrei sein, immerhin tragen wir keine Bedenken, sie hier vorzubringen. Selbstverständlich handelt es sich bei allen Praecocifloren nur um aus Samen erzogene Pflanzen, da ja bei kaum bewurzelten Stecklingen und Ablegern ein sehr frühes Blühen nicht selten ist. Durch Stecklinge oder Veredelung dürfte dagegen die Praecocität eines Sämlings zu fixieren sein. Recht eigentümlich verhält sich eine von E. André als *Syringa vulgaris chamaethyrsus* beschriebene Fliedersorte. Die *Lilas de Marly* liefert bekanntlich reichliche Basalschößlinge, welche nach frühestens 2—3 Jahren blühbar werden. In der Gärtnerei des Herren Machet in Chalons-sur-Marne blühen dagegen diese Schößlinge bereits im ersten Frühjahre. Kaum aus dem Boden geschossen, ganz unbelaubt, im Aussehen an Spargel erinnernd und oft von 10 cm Durchmesser, tragen sie normale Blütenstände. Die Frage, wie Hybriden in Bezug auf frühes Blühen sich verhalten, wird von Kerner (Pflanzenleben. II. S. 504) folgendermaßen beantwortet: „Die meisten Bastarde, welche durch Kreuzungen entstanden sind, entwickeln sich auffallend rasch und üppig, blühen nicht selten schon im ersten Jahre nach der Aussaat, während die Sämlinge der Stammeltern erst im zweiten oder dritten Lebensjahre zur Blüte gelangen.“ (Dieser Ausspruch des Verfassers kann sich wohl nur auf perennierende Pflanzen oder Stauden beziehen.) Auch die sogenannten Hungerformen mögen hier Erwähnung finden, wie sie in der freien Natur nach einem sehr trockenen Frühjahr unter einjährigen Arten — *Papaver Rhoeas, Aira praecox* etc. — als kaum zollhohe Individuen oft massenhaft

auftreten, und durch verfrühtes Blühen ebenso auffallen wie durch zwergige Ausbildung. Manche Gärten liefern ähnliche Beispiele, wenn in den Aussaatschalen einjährige Pflanzen vergessen oder übersehen worden sind. Das Gros von ihnen geht in dem engen Raume elendiglich zugrunde, etliche Individuen zeigen jedoch eine solche Widerstandskraft, um noch in diesem verhungerten Zustande frühzeitige, wenn auch verkümmerte Blüten zu entwickeln. Es mag ferner daran erinnert werden, daß einige sich verholzende Arten von der allgemeinen Regel, daß das Blühen durch das Alter bestimmt wird, abweichen, indem sie schon im ersten Jahre blühbar werden. In tropischen und subtropischen Ländern, wo *Ricinus communis* wildwachsend oder verwildert auftritt (Diels stieß in Westaustralien auf ein 3 m hohes Exemplar), blüht der Wunderbaum vom einjährigen bis zum holzartigen Zustande jedes Jahr, während derselbe in kälteren Gegenden nur auf eine einjährige Dauer angewiesen ist, da nach dem Blühen bezw. Samenansatz ein rasches Absterben seines noch sehr saftigen Stammes durch die sinkende Temperatur im Herbste bedingt wird. Ab und zu berichten Zeitungen über einzelne Baumindividuen, welche viel zeitiger in Blüte treten als die benachbarten derselben Art. Wiederholt sich dieses Vorkommnis ganz regelmäßig über viele Jahre hinaus, so wird das allgemeine Interesse wachgerufen, zumal eine Erklärung hierfür nicht beizubringen ist. Geradezu berühmt geworden ist der *Marronnier du vingt Mars* im Tuilerien-Garten, der jedes Jahr seinen Gefährten um wenigstens 14 Tage voraus ist, ganz genau am 20. März in voller Blüte stand, ein Schauspiel, das Tausende von Parisern immer wieder anlockte. Ob dieser Praecociflorenbaum noch existiert, ist fraglich, in den sechziger Jahren hatten wir mehrmals Gelegenheit, uns von der Tatsache zu überzeugen.

Bei den Rosen ist das Blühen sehr jugendlicher Individuen häufig beobachtet worden. Hemsley und Diels beziehen sich auf P. de Candolle (Physiologie végétale), welcher erwähnt, daß *Rosa indica* mitunter gleich nach der Keimung und Entwicklung der Primärblätter eine Blumenknospe zeigt. Eben dieselben berichten auch, daß vor Jahren ein Rosensämling im Straßburger botanischen Garten sich dadurch auszeichnete, daß er nach Ausbildung weniger Blätter zur Blütenentfaltung schritt. Ferner berichtet Clos, daß ein aus Samen erzogenes Exemplar der Bengalrose, das 5,5 cm hoch war und vier dreizählige Blätter trug, mit einer Blüte mit dreizähligem Kelche abschloß. Einen sehr typischen Fall teilten uns die Herren Haage & Schmidt, Erfurt, mit (April 1911). In ihrer Gärtnerei blüht *Rosa polyantha multiflora* im ersten Jahre in der Aussaatschale und verharrt im zweiten Jahre, wenn in größere Töpfe verpflanzt, in diesem Zustande, willig weiterwachsend. Sir J. Harry Veitch, Direktor der Royal Exotic Nursery Chelsea, schrieb uns (27. Dezember 1911) folgendes: „Als das auffälligste, mir bekannte Beispiel von Praecocifloren kann ich Rosensämlinge anführen, die hier bei uns innerhalb 3 Monaten nach der Keimung in Blüte standen. Rose *Frau Carl Druschke*

× *White Maman Crochet* blühte im Juni 1911, nachdem der Same im Dezember 1910 ausgesät war. Rose *Caroline Testout* × *Frau Caroline Druschke* entwickelte Blüten Juni 1911, war erst im Februar desselben Jahres ausgesät worden. Eben dasselbe traf ein bei Rose *J. B. Clark* × *Richmond.* Hervorzuheben ist, daß in den hier vorgeführten Fällen die Blumen statt gefüllt wie bei den Eltern, einfach waren.“ Hier wurde demnach durch die Praecocität des Blühens eine Degenerierung der Blumen herbeigeführt. Die zu Anfang erwähnte *Swietenia Mahagoni* var. *praecociflora* illustriert unser Thema aufs trefflichste. Im botanischen Garten von Trinidad wurden 1895 Samen von *Swietenia Mahagoni* (der Mahagonibaum von Westindien) ziemlich dicht in Schalen ausgesät, und unter den Keimlingen fielen verschiedene dadurch auf, daß sie schon in ganz jugendlichem Alter zu blühen anfingen. Herr Hart, Superintendant jener Gärten, schickte einige derselben als Kuriosität an das Kew-Herbar. Auf eine darauf bezügliche Anfrage antwortete derselbe: „Die Bedingungen bei der Anzucht waren die eben gebräuchlichen, wahrscheinlich trat aber während oder gleich nach der Keimung Wassermangel ein. Was aus den hiergebliebenen Sämlingen geworden ist, erinnere ich mich nicht, sicher weiß ich aber, daß sie später normales Wachstum angenommen haben.“ Nach den getrockneten Exemplaren stellte Hemsley die Varietät *praecociflora* auf, welche, ganz abgesehen von der geringen Höhe, sich durch Form, Größe und Zahl der Blätter und Blüten wesentlich von der typischen Art unterscheidet.

In einem Garten zu Neapel zog C. Sprenger aus chinesischem Samen mehrere Pflanzen von *Cotinus Coggyria* an, die im jugendlichsten Alter bei nur 25 cm Höhe zur Blüte gelangten. Was später aus denselben geworden, ob sich aus ihnen eine konstante Varietät gebildet, wird leider nicht gesagt.

Vor einigen Jahren hatte im botanischen Garten von Nongko Djadjar (Java) ein sechsmonatiger Sämling des Melonenbaums *Carica Papaya* Frucht angesetzt.

In seiner „Physiologie végétale“ schreibt P. de Candolle: „Ich habe im Genfer (botan.) Garten blühende Exemplare von *Pinus canariensis*, die vierjährig nur 3 Fuß hoch waren, obgleich dieser Baum in seiner Heimat eine Höhe von 60 Fuß erreicht.

Warming erwähnt eine *Podocarpus totara*, die bei 3 Zoll Höhe schon Zapfen trug. Sicher dürfte es sich hier um einen Sämling handeln, da, wenn es sich um eine Stecklingspflanze handelte, dies überhaupt nicht der Erwähnung wert gewesen wäre.

Von den beiden Actinostrobusarten *A. pyramidalis* und *A. acuminatus*, letztere als mehr macrophytische Pflanze die Jugendform und Blütenreife verbindend, schreibt Bejerinck: „Sehr entscheidend ist der Einfluß unzureichender Ernährung auf die Ausbildung der Jugendformen bei Topfpflanzen dieser heteroblastischen Koniferen.“

Im Kew-Museum findet sich eine Zeichnung von einer keimenden Kokosnuß mit 3 einfachen zweispaltigen Blättern und einer kleinen aus der Schale herauswachsenden Infloreszenz.

Von der bis 100 Fuß hoch werdenden Bambusacee *Dendrocalamus strictus* bildet Sir Dietrich Brandis ein Exemplar ab, welches nur 13 Monate alt war und kaum einen Fuß hoch schon in Blüte stand.

In seiner Monographie der Aloineen erwähnt A. Berger, daß die Gasterien bisweilen im Jugendzustande, d. h. so lange die Blätter noch nicht spiralig angeordnet sind, bereits blühen können.

Daß Sämlinge von Gladiolen und von *Hyacinthus candicans* schon im Jahre der Aussaat nicht selten blühbar werden, dürfte bekannt sein.

Doppelt interessant dürften folgende Beispiele sein, bei welchen es sich um wildwachsende Pflanzen handelt, zumal die Mehrzahl derselben Arten nicht vereinzelte Individuen begreift, welchen diese Eigentümlichkeit anhaftet.

Von *Melia arguta*, einem mäßig hohen Baume Javas, wurden, wie Diels berichtet, Zwergpflanzen gefunden, die nur 6—7 cm hoch waren. Über den Kotyledonen waren die Spuren eines abgefallenen Blattpaares zu erkennen, außerdem trugen sie ein einzelnes tief fiederspaltiges Blatt. Darüber zeigte sich eine einzige große Blüte mit abnorm entwickeltem Kelch, und in der Krone war eines der Petalen verkümmert.

In F. von Müllers „Fragmenta". VI. p. 52 wird auf einige Zwerggesträuche der Epacridaceen hingewiesen, so *Styphelia collina* var. *alpina*, *S. Fraseri* und *Brachyloma ciliatum* mit nur 1½ Zoll Länge, welche auch ebenso wie *Needhamia pumilio* und *Pentachondra pumila* schon vom ersten Jahre reichlich blühen. Steht hier nun die Praecocität des Blühens mit dem zwergigen Habitus der Pflanzen in direkter Beziehung und zwar so, daß durch erstere die weitere Entwicklung derselben beeinflußt bezw. gehemmt wird? Ähnlich verhält es sich wohl mit *Simsia tenuifolia*, einem nur 5 cm hohen Proteaceenstrauch Westaustraliens, der schon im ersten Jahre seines Daseins zu blühen anfängt. F. von Müller stellte ferner fest, daß von einer einzigen Eucalyptusart eine vegetativ infantile und eine vegetativ erwachsene Form bestehen und jede von beiden durch Blütenreife zu einem vollkommen geschlossenen Lebenszyklus gelangen kann. „Bewurzelte Exemplare von *Eucalyptus cordata* liegen vor", schreibt derselbe, „die kaum 3 Fuß hoch waren und doch bereits Blüten und Früchte trugen. Auch noch bei anderen Arten dieser Gattung soll ähnliches zuweilen eintreten.

Von *Leptospermum ellipticum*, einem reichverzweigten, etwa 2 m hohen Myrtaceenstrauche Westaustraliens, fand Diels mehrere Sämlinge, die bei einer Höhe von nur 17—25 cm in voller Blüte standen. Eben derselbe stieß auf Säumlinge des etwa 2 m hohen Strauches *Astartea fascicularis* aus derselben Familie, die kaum 0,5 m hoch, bereits blühten.

Niedrige, etwa 15 cm lange und höchstens zweijährige Exemplare der Epacridacee *Leucopogon gibbosus* hatten ganz normale Infloreszenzen entwickelt, während dicht daneben vollverzweigte, 50 cm hohe Exemplare standen, die 5—6 Jahr alt sein mochten.

Von *Hakea ambigua*, einem höchstens 1 m hohen Strauche, brachte Diels ein getrocknetes Exemplar mit, welches, nur 15—20 cm hoch, mit Blüten besetzt war. Noch auffälliger lautet Diels Bericht über einen anderen Proteaceenstrauch, die 1 m hohe *Petrophila diversifolia*. Die in Westaustralien gesammelten Exemplare, deren Alter auf nur wenige Monate geschätzt wurde, hatten bei noch völlig unverzweigter Achse nur 15 cm Höhe erreicht, aber trotzdem bereits Blüten bezw. Fruchtzapfen entwickelt.

In den Wäldern von Trinity-Bay, Westaustralien, wird *Laportea usneoides* teils baumartig und entwickelt einen 8—10 m hohen Stamm, andererseits kennt man sie als ein nur ³/₄ m hohes Kraut, welches durch die hellroten purpurnen Beeren sehr zierend ist. Hier handelt es sich wohl um eine Varietät, die als *nana*, nicht aber als *praecociflora* zu bezeichnen wäre. Ist es nicht auffällig, daß aus anderen Ländern, beispielsweise Südafrika, welches doch inbezug auf Klima und Pflanzenwelt so manche Annäherungen an Australien zeigt und dessen Flora sicher ebenso eingehend durchforscht wurde, Berichte über ähnliche Fälle nicht vorliegen? Darf man daraus folgern, daß Australien einerseits, anderseits die drei Familien Myrtaceen, Epacridaceen, Proteaceen für die Eigentümlichkeit des vorzeitigen Blühens prädestiniert sind? Jedenfalls erscheint eine solche Annahme nicht unwahrscheinlich.

Hemsley (l. c.) zieht noch als weiteres Beispiel einer Praecociflore eine nordamerikanische Eiche heran, indem er schreibt: „Von *Quercus virginiana* gibt Sargent (Silva. Vol. VIII. S. 296) die Beschreibung und Abbildung einer 1—2 Fuß hohen Varietät, welche in den Pine Barrens der südöstlichen Staaten Nordamerikas häufig angetroffen wird. Sie breitet sich durch unterirdische Stämme aus, trägt reichlich Früchte, welche gemeiniglich größer sind als die von großen Bäumen. *Quercus virginiana*, meist 20—40 Fuß hoch, erreicht zuweilen eine Höhe von 60—70 Fuß bei einem Stammdurchmesser von 6—7 Fuß. Professor Sargent gibt das Alter nicht an, in welchem Sämlinge dieser Varietät Blüten und Früchte tragen." — Daraufhin richteten wir an den Direktor des Arnold Arboretum die Bitte, uns seine Beobachtungen über Praecocifloren und speziell über die von Hemsley angeführte Varietät der *Quercus virginiana* mitzuteilen. In seiner Antwort (26. Dezember 1911) bemerkt derselbe zunächst, daß dort keine Beobachtungen über derartige Pflanzen gemacht wurden, dann heißt es weiter in seinem Briefe: „I do not think that the shrubby forms of *Quercus virginiana* can be called precocious flowering because these also remain shrubs and never become trees. Many Oaks in our southern states and also in California have this peculiarity." Peculiarity wäre hier wohl mit Nanismus gleichbedeutend.

Nach Gegensätzen suchend, tritt einem die Frage entgegen, ob nicht auch Pflanzen vorkommen, vielleicht als Tardifloren zu bezeichnen, welche erst lange, nachdem das normale Alter der Blütenreife erreicht ist, zum Blühen sich bequemen? Vereinzelte Fruchtbäume setzen die Geduld der Besitzer oft auf eine harte

Probe. weil sie trotz aller Mühe nicht zum Blühen gebracht werden können, ein Grund hierfür nicht beizubringen ist. Auch in der freien Natur soll es vorkommen, daß nicht nur Individuen einer Art, sondern auch Arten erst im hohen Alter die Blütenreife erlangen. Daß es selbst Pflanzen gibt, die während einer langen Lebensdauer nur einmal zum Blühen gelangen, damit aber gleichzeitig ihr Dasein abschließen, mag zum Schluß angeführt werden. Erinnert sei dabei an die „hundertjährige Aloe“ *Agave americana* und an die berühmte „Talipot Ceylons“, *Corypha umbraculifera,* die unter allen Pflanzen der Welt den umfangreichsten Blütenstand (14 m hoch. 12 m breit mit gegen 100000 Blüten) entwickelt, um nach dieser Titanenarbeit sofort dem Tode anheimzufallen.

Wind und Pflanzenwelt.
Eine Studie.

Von

Günther H. Kroll, Berlin.

Die vorliegende Arbeit ist in der Absicht unternommen, möglichst erschöpfend alle die Beziehungen aufzuzeigen, welche zwischen Wind und Pflanzenwelt bestehen.

Ich halte es für zweckmäßig, zunächst eine einleitende Übersicht über diejenigen Werke zu geben, in denen, wenn auch teilweise nur sporadisch, sich Beobachtungen über Windwirkungen im Florenreich finden.

Literatur.

Warming, E., Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1902.

Holtermann, C., Schwendeners Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik. Leipzig 1909.

Preuß, H., Die Vegetationsverhältnisse der deutschen Ostseeküste. Königsberger Dissert. Danzig 1911.

Strasburger, E., Noll, F., Schenck, H. u. Karsten, G., Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Jena 1908.

Schröter, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908.

Imhof, E., Die Waldgrenze in der Schweiz. (Gerlands Beitr. z. Geophys. Bd. IV. H. 3. Leipzig 1900.

Solms-Laubach, H. Graf zu, Die leitenden Gesichtspunkte einer allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig 1905.

Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75.

Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1909.

Preda, L., Effeti del libeccio su alcune piante legnose che crescono lungo la costa livornese. (Bull. d. Soc. Bot. Ital. 1901. p. 381 ff.)

Hansen, A., Flora. Bd. 93. 1904. H. 1.)

Kihlmann, O., Pflanzenbiologische Studien in Russisch-Lappland. (Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica. T. VI, 1890. Nr. 3.)

Gräbner, P., Lehrbuch der allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig 1910.
— Pflanzengeographie. Leipzig 1909.
Goebel, K., Pflanzenbiologische Schilderungen. Bd. II. Marburg 1891.
Borggreve, B., Über die Einwirkung des Sturmes auf die Baumvegetation. (Abhandl. d. naturw. Ver. Bremen. 1872.)
Franke, B., Die Pflanzenkrankheiten. (Handb. d. Botan. von A. Schenk.) Bd. I. 1881.)
Focke, O., Untersuchungen über die Vegetation des nordwestdeutschen Tieflandes. (Abh. d. naturw. Ver. Bremen. Bd. II. 1871.)
Middendorf, A. v., Reise in den äußersten Norden und Osten Sibiriens. Übersicht der Natur Nord- und Ost-Sibiriens. Lief. IV. Die Gewächse Sibiriens. 1864.
Knuth, P., Blumen und Insekten auf den nordfriesischen Inseln. Kiel u. Leipzig 1894.
— Handbuch der Blütenbiologie. Leipzig 1898.
Buchenau, F., Über die Vegetationsverhältnisse des Halms u. s. w. (Abh. d. naturw. Ver. Bremen. 1889.)
Schimper, W., Pflanzengeographie. Jena.
— Die indo-malayische Strandflora. Jena 1891.
Christ, H., Vegetation und Flora der kanarischen Inseln. (Bot. Jahrb. VI. 1885.)
Grisebach, A., Die Vegetation der Erde. Bd. II. Leipzig 1872.
Volkens, G., Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. 1887.
Reinke, J., Die ostfriesischen Inseln. Studien über Küstenbildung u. Küstenzerstörung. (Wissenschaftl. Meeresuntersuch. N. F. X. Ergänzungsh. Kiel 1909.)
Engler, A., Die Pflanzenwelt Afrikas. (Die Vegetation der Erde von Engler u. Drude. Leipzig 1910.)
Marloth, Die Narras. *Acanthosicyos horrida* Welw. u. s. w. (Bot. Jahrb. IX. 1888.)
Jentzsch, Geologie. (Handb. d. deutsch. Dünenbaues v. J. Gerhardt. Berlin 1900.)
Wahnschaffe, F., Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. Stuttgart 1909.)
Keilhack, Die Wanderdünen Hinterpommerns. (Prometheus. V. 1894.)
Huth, E., Steppenläufer, Windhexen und andere Wirbelkräuter. (Helios. IX. Berlin 1892.)
Hildebrand, F., Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1873.
Wildenow, L., Grundriß der Kräuterkunde. Bd. I. Berlin 1831.
Kerner, A., Der Einfluß der Winde auf die Verbreitung der Samen im Hochgebirge. (Zeitschr. d. deutsch. Alpenver. 1871.)
Kny, Über die Flora ozeanischer Inseln. (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk. zu Berlin. Bd. II. 1867. H. 3.)
Klein, H., Die botanischen Naturdenkmäler des Großherzogtums Baden u. s. w. Karlsruhe 1904.

Um eine übersichtliche Behandlung des Themas zu ermöglichen, teile ich die Pflanzenwelt ein in Meeres- und Festlandvegetation, wobei ich unter letzterer auch die der ozeanischen Inseln verstehe.

In der Pflanzenwelt des Meeres macht sich der Einfluß des Windes nur mittelbar bemerkbar. Wandern wir an einer Meeresküste entlang, so sehen wir allenthalben aufs Trockene geschleuderte organische und anorganische Massen. Unter ersteren nun nehmen wir zahlreiche Pflanzenteile, auch wohl ganze Pflanzen wahr, die, von ihrem Standort losgerissen oder auch schon frei im Meere schwimmend, infolge der Einwirkung des Windes auf die Bewegung der Wasserfläche herbeigeführt worden sind. Wir haben es hier demnach mit mechanischen Windwirkungen zu tun. Die Gewächse, die freischwimmend der Oberflächenzone angehören, werden beständig durch den Wellenschlag geschüttelt und gestreckt. Sie müssen deshalb, um nicht in kleine Stücke zertrennt zu werden, Schutzmittel hiergegen besitzen. Es bilden sich daher langgestreckte, schmale Formen aus, wie sie uns in den Fucaceen entgegentreten. Kalkinkrustationen werden von zahlreichen Algen zur Festigung ihres Körpers benutzt. Andere Meerespflanzen, die festsitzend dem Anprall der Wogen standzuhalten haben, werden in ähnlicher Weise umgestaltet. Auch hier treten bandförmige Organe auf, z. B. bei *Zostera* das bandartige Blatt. Ferner kommt es zur Ausbildung von mechanischem Gewebe, welches im Zentrum des Stengels zusammengedrängt wird. Endlich besitzen gewisse Algen Verstärkungsrhizoiden in den unteren Teilen des Thallus.

Nun gibt es aber auch Stellen im Meere, wo der Einfluß des Windes jedes Wachstum und Gedeihen wenigstens festsitzender Pflanzen unmöglich macht; es sind dies namentlich die flacheren Küstenstriche, wo wegen der geringen Wassertiefe eine beständige Veränderung des Meeresbodens vor sich geht, und wo infolgedessen keine Pflanze festen Fuß fassen kann. Dagegen entsteht bei denselben Bodenverhältnissen, wenn nur die verderbliche Wirkung des Windes ausgeschaltet ist, eine üppige Vegetation. So kommen Matten von *Zostera marina* und *Z. nana* besonders in windgeschützten, sanft absteigenden Meeresbuchten vor, z. B. in den schleswig-holsteinschen Föhrden.

Sehr wichtig für die Verteilung der Meerespflanzen wird der Einfluß des Windes auch dadurch, daß er vermittelst der Wellenbewegungen den Pflanzen neue Nährstoffe und neuen Sauerstoff zuführt. Wie groß dieser Einfluß ist, zeigen Hansteens Untersuchungen, der eine infolge der verschiedenen Sauerstoff- und Nahrungszufuhr außerhalb und innerhalb der norwegischen Schären gänzlich verschiedene Meeresflora feststellte.

In anderer Weise beeinflußt der Wind die Verteilung der Meerespflanzen, indem er losgerissene Stücke, Sporen oder Samen von solchen über das Meer hintreibt, dadurch neue Standorte schaffend. Ferner bewirkt er Befruchtung bei den submers blühenden Zosteraarten, indem er den fadenförmig gestalteten Pollen mit den Narben vermittelst der Wellenbewegungen in Berührung bringt.

In Binnengewässern zeigen sich analoge Verhältnisse. Auch hier finden wir Anpassungen an Wasserbewegungen (Potamogeton-Arten), auch hier finden Verbreitung und Erschließung neuer Standorte durch den Wind statt; auch die Befruchtung vieler Süßwasser-

pflanzen übernimmt er. So überführt er den Pollen bei *Zannichellia, Callitriche* und *Najas* und treibt die kleinen, sich losreißenden männlichen Blüten von *Vallisneria* zu den auf der Wasseroberfläche schwimmenden weiblichen hin.

Wir kommen zur Festlandvegetation.

Wandern wir an unserem heimischen Ostseestrande entlang, so bemerken wir, daß unter dem Einfluß der häufigen Seewinde die Küstenlandschaft ein ganz eigenartiges Gepräge erhalten hat: die dem Meere zu stehenden Bäume sind niedrig, die Stämme in der herrschenden Windrichtung gebogen, so daß sie einen exzentrischen Querschnitt haben, dessen größter Radius die herrschende Windrichtung angibt. Die Äste sind gekrümmt und verbogen, die Sprosse meist kurz und verkrüppelt, namentlich auf der Luvseite, wo sie sogar meist absterben, so daß die Bäume auf dieser Seite wie geschoren aussehen. Ist die Gewalt der herrschenden Winde sehr groß, so sinkt der Wald auf der Windseite zu einem Gestrüpp herab, welches sich schließlich in einzelnstehende, vorgeschobene Individuen auflöst. Diese Art der Windwirkung findet sich nun nicht nur an Küsten unseres und anderer Länder, sondern sie tritt auch überall da auf, wo der Wind ungehindert über freie Flächen wehen kann. So zeigt sie sich auch im Gebirge, wo allmählich der Hochwald in Zwergbaumgestrüppe übergeht, die ihrerseits wieder sich in Matten und Felsenfluren verlieren. Solche Gestrüppe sind die Krummholz- oder Legföhrengestrüppe der Hochalpen, die von *Pinus montana*, f. *Pumilio*, f. *uncinata*, f. *Mughus* gebildet werden. Auf den hohen Gebirgen Japans findet sich eine von *Pinus parviflora*, *Betula*, *Alnus viridis* u. a. gebildete Gestrüppregion in 2200—2500 m Höhe als Baumgrenze. In den antarktischen Gegenden Amerikas bilden Nothofagus-Arten derartige Grenzgesträuche. Andererseits kann auch der geschlossene Wald plötzlich eine Grenze finden, wie das in den Waldkarpathen an der Huzsla bei 1300 m Höhe der Fall ist, wo ein geschlossener Buchenkrüppelwald die Grenzregion bildet.

Je stärker nun in Gebirgen die Windwirkung ist, um so tiefer wird die Baumgrenze herabgedrückt, so z. B. in den sturmreichen Quertälern am Nordabfall der Alpen, wo Nordwind und Föhn mit verheerender Wucht einherbrausen. In Jütland bezeichnen niedrige, krüppelhafte Buchenbestände, die sich zu dichten Verhauen (Porken) zusammenschließen, die äußerste Waldgrenze nach Westen zu. Sie steigen allmählich gegen Osten an, so daß sie dem dahinterliegenden Walde genügenden Windschutz gewähren, demzufolge er sich voll entwickeln kann. Wo ein derartiger Windschutz fehlt, wie auf dem Plateau der normannischen Insel Sark, kommt kein Baumwuchs zustande. Hier gedeihen Bäume nur in Mulden und Vertiefungen, wo sie ihre Kronen jedoch niemals über die Ränder einer solchen Einsenkung emporzuheben vermögen. Das oben geschilderte Ansteigen des Waldes kann nun auch anstatt in dichten Beständen in anderer Weise vor sich gehen. So ordnen sich die Fichten im Gudbrandsdal in Norwegen an dem Winde stark ausgesetzten Stellen so an, daß ein Mutterstamm durch Absenker der Äste

Tochterstämme erzeugt, die eine Reihe hinter dem Mutterstamme bilden. Nur dadurch also, daß dieser dem Nachwuchs den erforderlichen Windschutz gewährt, kann sich derselbe entwickeln. Hierbei tritt eine Beugung der Bäume, namentlich des Mutterstammes, ein. Eine solche einseitige Wachstumsbeeinflussung zeigt sich auch an den Bäumen der norwegischen Westküste, welche sämtlich unter der Einwirkung vorwiegend westlicher Seewinde nach Osten zu geneigt sind. Dieser schiefe Wuchs (Säbelwuchs) kommt dadurch zustande, daß in jedem Jahre die jungen Triebe nach der dem Winde abgewendeten Seite hin verbogen werden. Schöne Darstellungen solcher einseitigen Deformierung finden sich bei Klein. Werden nun im Frühjahr nicht nur die neuen Triebe nach einer Richtung hin gebogen, sondern auch am Höherwachsen gehindert, so macht sich dies durch vermehrtes Wachstum von Seitensprossen bemerkbar. So sieht man an der livornesischen Küste *Juniperus phoenicea* und *Tamarix gallica* in verbogenen Formen sowie Zweige von *Phillyrea* und anderen Gesträuchen, die miteinander verstrickt sind, am Boden hinkriechen und sich ihm anschmiegen. Ähnliche Erscheinungen schildert Hansen für die Insel St. Honorat bei Cannes. Die gleichen krüppelhaft-verbogenen Baumformen, wie sie Preda beschreibt, zeigt eine Abbildung des Gespensterwaldes bei Warnemünde, welche Preuß liefert.

Am eingehendsten hat die besprochenen Erscheinungen Kihlmann behandelt, bei dessen Ausführungen wir noch etwas verweilen müssen. Auch in Russisch-Lappland sind es besonders Nordweststürme, die der Vegetation ihr Gepräge verleihen, wie sich leicht daraus erkennen läßt, daß auf den Gebirgshöhen bei Woroninsk und im Hügellande südlich von Lejjawr die Wipfel umgebrochener Nadelhölzer immer gegen Südosten gekehrt sind. An freien Stellen unterscheidet sich ferner überall die Vegetation der Nordwestseite von der der Südostseite. Während z. B. Felsblöcke und kleine Bodenerhebungen auf der Nordwestseite infolge des Einflusses der vorherrschenden Winde gänzlich pflanzenlos sind, tragen sie auf der Südostseite Strauchflechten oder Reiser, welche letztere jedoch ihre Zweige nur bis zum Rande der Erhöhung treiben, da sie dann der scherenden Wirkung des Windes zum Opfer fallen. Solche Vegetationsbilder gibt es bei Orlow und auf den Strandplateaus von Gawrilowa und Swjätoj-nos. Eine besondere Art der Veränderung von Baumformen durch den Wind ist die Mattenbildung. An ihr beteiligen sich Fichten, Wachholder und Birken. Die Pflanzen erreichen in diesem Falle nur die Höhe des umgebenden Reiserfilzes, weil ja alle sich höher erhebenden Zweigspitzen vom Winde getötet werden. Dafür findet aber ein starkes Wachstum von Seitenzweigen in der herrschenden Windrichtung statt, so daß solche Matten bis 5 m Länge bei *Picea* und bis 3 m Länge bei *Juniperus* und *Betula* erreichen. Einen ganz eigenartigen Anblick gewähren solche Mattensträucher, wenn sie am Rande einer steil abfallenden Felswand wachsen und ihre horizontalen, der Windrichtung folgenden Stämme und Äste, über den Abgrund hinausragend, gewissermaßen eine Fortsetzung des Plateaus bilden.

An solchen Stellen, wo in Bodeneinsenkungen reichlichere Schneeansammlung stattfindet, haben die Bäume einen etwas höheren Stamm. Es findet folgendes statt: Wachsen die Spitzen der Stämme über die Schneedecke hinaus, so sterben sie unter dem Einfluß des Windes ab, und es kommt zur Bildung zahlreicher Seitenzweige, die nun bis zur Oberfläche der Schneedecke fortwachsen, wo ihre Spitzen ebenfalls den Windtod erleiden. Durch Wiederholung dieser Vorgänge entsteht ein tischartiges Bäumchen, dessen Oberfläche ungefähr mit der der Schneedecke zusammenfällt. Solche Tischformen bilden *Juniperus*, *Betula* und *Picea excelsa*, wobei letztere, da sie windfester ist, sogar zahlreiche Triebe über die Schneedecke emportreibt.

Gänzliche Baumlosigkeit findet sich infolge der Windwirkung in den nördlichen Tundren Russisch-Lapplands, in der ungarischen Tiefebene, wo der fast konstant wehende trockene Wind jede höhere Pflanze zum Absterben bringt, in den Paramos der Kordilleren und den Punas Perus. Aber nicht nur die Baumlosigkeit vieler Erdstriche ist auf Rechnung der schädlichen Wirkung der Winde zu setzen, sondern diese äußert sich auch in dem Fehlen bezw. beschränkten Vorkommen anderer Gewächse. So werden die dem Winde am meisten ausgesetzten Stellen in Russisch-Lappland von den Cladinen gemieden. Nach ihrer verschiedenen Windfestigkeit lassen sich dort drei Haupttypen von Flechtenheiden unterscheiden, nämlich erstens die Alectoria-Heide, welche am besten dem Winde standhält, zweitens die Platysma- und Cetraria-Heide und drittens die Cladina-, Sphaerophoron- und Stereocaulon-Heide, die am wenigsten windige Stellen liebt.

Am Schlusse der Betrachtung der mechanischen Windwirkungen haben wir nun noch einen Blick auf die Erscheinungen des Windwurfes und Windbruches zu werfen. Bei letzterem werden die Stämme in einer gewissen Höhe über dem Erdboden abgebrochen, bei ersterem stürzen sie mit einseitigem Ausheben der Wurzelkronen. Bemerkenswert ist hierbei, daß der Windwurf in Gebirgen an der Windseite geringer ist als an den Hängen, an denen der Sturm zu Tal geht. Dies hat seinen Grund darin, daß der aufwärts gehende Wind immer nur einen Teil der Baumkronen fassen kann, wodurch seine Kraft geschwächt wird, während er beim Abwärtswehen voll angreifen kann. Windwurf und Windbruch tun nun entweder strichweise Schaden, oder es können in einem gleichmäßigen, alten Bestande ganze Komplexe umgelegt werden, welches letztere auf Zyklone zurückzuführen sein dürfte. Großen Schaden richten Windbrüche besonders in den tropischen Kakaokulturen an, wo nicht nur ganze Bäume, sondern auch die Gabelungen der Hauptäste auseinandergebrochen werden.

Wir kommen nun zur Betrachtung der Gründe der schädlichen Wirkung der Winde auf die Pflanzenwelt.

Borggreve, der den Baumwuchs sowohl an den deutschen Nord- und Ostseeküsten, als auch in den Alpen und im Mittelmeergebiet untersucht hat, ist der Ansicht, daß lediglich die gegenseitige Reibung und Peitschung der dem Winde ausgesetzten Äste

ihr Absterben und damit die Deformierung der Individuen veranlaßt. Gleicher Meinung ist Frank, der im Windbruche die Ursache für die Verkrüppelung der Baumformen erblickt. Grisebach und v. Klinggräf wiederum sehen in der Herabsetzung der Temperatur und dem dadurch bedingten Erfrieren der Zweige an der Luvseite die Ursache der besprochenen Erscheinung. Falk behauptet, neben dem gegenseitigen Reiben und Peitschen der Zweige komme noch der Salzgehalt der Seewinde als verderbenbringender Faktor in Frage. Middendorf nimmt an, daß weniger die starke Bewegung der Luft selbst schädlich wirke, als vielmehr die zu hohe Feuchtigkeit derselben. Wiesner, Warming und Kihlmann endlich halten die durch den Wind hervorgerufene übermäßige Verdunstung für den eigentlich schädigenden Faktor, neben dem andere, oben angeführte, nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Der Vorgang wäre hierbei folgender: Die den Pflanzen angrenzenden Luftteile werden bei ruhiger Luft dampfreich, wodurch die Transpiration gehemmt wird. Wenn nun Luftbewegungen entstehen, so werden die dampfreichen Luftteilchen weggeführt und es tritt erhöhte Transpiration ein. Diese Wirkung des Windes tritt natürlich in noch weit höherem Maße ein, wenn der Boden gefroren ist, so daß eine schnelle Ergänzung des durch die Transpiration verlorengehenden Wassers nicht möglich ist.

Daß tatsächlich für die besprochenen Erscheinungen erhöhte Transpiration vor allem als Erklärungsgrund in Frage kommt, scheint mir schon daraus hervorzugehen, daß die Bodenvegetation eines lichten Kiefernwaldes, durch den der Wind leicht hindurchgehen kann, xerophilen Bau zeigt.

Welche Mittel schützen nun die Pflanzen einerseits vor der rein mechanischen, andererseits vor der austrocknenden Wirkung des Windes?

Was zunächst die Befestigung des Pflanzenkörpers gegenüber der Gewalt des Windes anlangt, so sehen wir, wie Gewächse, deren Standorte dem Wind sehr ausgesetzt sind, sich fest im Boden verankern. Dies geschieht einmal durch Ausbildung stark bewurzelter Seitentriebe, ein anderes Mal durch stark verzweigte, tiefgehende Wurzeln und weithin kriechende Rhizome, wie es Knuth, Buchenau und Schröter beobachtet haben. Sehr schön zeigen die starke Wurzelbefestigung die Mangroven. Hier finden wir ein strahliges Gestell bogenförmig gekrümmter Wurzeln, z. B. bei *Rhizophora mucronata*. Daß dieses Wurzelgestell dem Einfluß des Windes zuzuschreiben ist, dessen Macht sich durch Benutzung des Wassers in Gestalt der Brandung verstärkt, läßt sich leicht daraus erkennen, daß die Pflanzen, wenn sie nicht im bewegten Küstenwasser, sondern auf trockenem Boden wachsen, dieses Stelzwurzelgestell nicht ausbilden.

Außer den besprochenen Stelzen finden sich nun bei einigen Pandanusarten des offenen Strandes als weitere Befestigungsmittel zahlreiche, von ben Ästen herabwachsende Wurzeln, welche die Krone im Substrat verankern. Bei den Mangroven, denen das

Wurzelgestell fehlt, finden wir horizontale Wurzeln von oft ungeheurer Länge.

Um vor Windwurf sicher zu sein, muß nun die Pflanze nicht nur im Boden fest verankert sein, sondern es müssen auch ihre über der Erde befindlichen Teile gegen Zerbrechen bezw. Zerreißen möglichst geschützt sein. Daher treten uns Stämme und Stengel als biegungsfest gebaute Organe entgegen, wie dies Schwendener überzeugend dargetan hat. So bilden die mechanischen Zellen einen peripherischen Ring in Moosstengeln, bei einheimischen Farnen und bei *Equisetum telmateja*. Am schönsten zeigt sich die biegungsfeste Konstruktion bei den tropischen Bambusen, wo wir ebenfalls in der Peripherie mächtige Baststränge antreffen.

Bei der Betrachtung der Blätter, die neben den Stämmen besonders dem Ungestüm des Windes preisgegeben sind, nehmen wir gleichfalls zahlreiche, äußerst zweckmäßige Einrichtungen wahr, die die Spreite vor dem Zerreißen und Zerbrechen schützen sollen. Bei vielen Gramineen und Cyperaceen verbinden I-förmige Träger die obere und untere Blattspreite miteinander, infolgedessen die Blätter gegen das Einknicken geschützt sind. Ebenso finden sich häufig Komplexe mechanischer Zellen in der Nähe des Blattrandes *(Phormium tenax)* sowie denselben begleitende bogige Gefäßbündel, um das Einreißen desselben zu verhindern. Wo dies nicht der Fall ist, tritt, namentlich bei größeren Blättern (Musa-Arten), regelmäßig ein Einreißen der Spreiten ein.

Kommen wir zu den Faktoren, welche die Pflanzen gegen den schädlichen Einfluß einer zu hohen oder zu ungeeigneter Jahreszeit stattfindenden Verdunstung schützen, so fällt uns zunächst die große Bedeutung der Schneebedeckung in die Augen.

Wie wir oben schon sahen, sind in Russisch-Lappland Bäume und Sträucher nur so hoch ihre Zweige zu entwickeln imstande, wie sie von Schnee bedeckt sind. Dasselbe ist nach Schröter auch in den Alpen der Fall. Ferner beobachtete Sorauer, daß die Saaten auf der dem Winde abgekehrten Seite der Furchen selbst bei geringer Schneebedeckung gediehen, während sie auf der Luvseite, wo der Schnee durch den Wind hinweggeführt wurde, zugrunde gingen.

Wie der Schnee, so hindert auch eine Decke organischer Reste die Transpiration.

Wir kommen nun zu den Fällen, in denen die Gewächse sich selbst im Laufe der Entwicklungsgeschichte anatomisch und morphologisch einer gesteigerten oder unzeitgemäßen Transpiration angepaßt haben.

Eine Herabsetzung der Verdunstung wird zunächst dadurch erreicht, daß die Pflanzen die transpirierende Oberfläche verkleinern. So rollen bei trockenem Wetter viele Gramineen ihre Blätter zusammen, z. B. *Calamagrostis arenaria*, *Weingaertneria canescens* und andere Dünen- und Steppengräser. Die günstige Wirkung des Einrollens beruht nicht nur auf der Verkleinerung der Oberfläche, sondern auch darauf, daß die Spaltöffnungen in die innere Höhlung zu liegen kommen, wo der Wind nicht hinstreichen kann. Auch

bei Dikotylen findet das Einrollen der Blätter statt, so bei *Ledum palustre*, *Erica tetralix* u. a.

Eine ähnliche Art des Schutzes gegen Transpiration ist die dauernde Verkleinerung der Blatt- bezw. Sproßflächen. Hierher gehören: Das Nadelblatt, welches lang, schmal-linealisch und stark kutikularisiert ist. Diese Blattform tritt uns besonders schön in den aus *Pinus canariensis* bestehenden Pinares der kanarischen Inseln entgegen, die in einer Höhe von 1600—2000 m an trocknen Abhängen vorkommen.

Eine dem pinoiden Blatt nahestehende Form ist das ericoide Blatt, welches wir schon kennen lernten (Rollblatt). Es findet sich besonders bei Ericaceen, Proteaceen, Myrtaceen, südafrikanischen Thymelaeaceen, Kompositen und Rubiaceen. Weiter zu erwähnen von hierhergehörigen Blattformen sind schuppenähnliche, fadenförmige und juncoide Blätter, die bei Cupressoideen, grasähnlichen Monokotylen Australiens (*Xanthorrhoea* und *Kingia*) und Juncaceen auftreten.

Was die xerophilen Sproßformen anlangt, so sind bei diesen entweder sehr reduzierte oder doch bald abfallende Blätter vorhanden. In diesen Fällen haben die Sprosse die Funktion der Blätter übernommen, die Spaltöffnungen und das Assimilationsgewebe sind meist in Furchen des Sprosses eingesenkt, um eine möglichst geringe Verdunstung zu ermöglichen. Hierher gehört z. B. der Rutensproß, wie er bei *Genista*, *Cytisus* und *Casuarina* auftritt. Als xerophile Sproßformen sind ferner zu betrachten: die nadelförmigen Kladodien von *Asparagus*, Dornensprosse, wie sie bei *Colletia* auftreten, und endlich die Kakteenformen, wie sie *Cactaceae*, viele *Euphorbiaceae* u. a. zeigen.

Aber auch durch Bedeckung der Organe mit Haaren, Wachsüberzügen u. s. w. wird eine Verminderung der Verdunstung herbeigeführt. Bei zahlreichen Dünen- und Steppengräsern bleiben die unteren Blatteile nach dem Absterben der oberen stehen, setzen die Verdunstung herab und dienen zugleich zur Aufsammlung von Wasser. Solche Gräser sind *Nardus stricta*, *Aristida pungens* und *Scirpus paradoxus* (Tunikagräser).

Was die schon oben erwähnten Spaltöffnungen anlangt, so schließen sie sich, wie Schwendener nachgewiesen hat, wenn die Gefahr starker Verdunstung vorhanden ist und umgekehrt. Diese Spaltöffnungen werden nun je nach den klimatischen Verhältnissen auf beiden oder nur auf einer Seite des Blattes ausgebildet. Sie werden einzeln oder zu vielen in Gruben oder Rinnen eingesenkt z. B. bei den Proteaceen Australiens, wo sie überdies noch von Wollhaaren bedeckt sind.

Wir kommen nun zu einer Gruppe rein morphologischer Anpassungen an vermehrte Transpiration. Eine solche ist zunächst der Zwergwuchs, wie er sich an Baum- und polaren Waldgrenzen findet.

Werden solche Zwerggewächse nun sehr niedrig, schließen sich ihre Zweige und die benachbarter Individuen eng zusammen, so kommt es zur Polsterbildung. Diese bietet zweierlei Vorteile

gegenüber der austrocknenden Wirkung des Windes. Einmal stehen die Zweige der Einzelpflanzen so dicht beieinander, daß sie sich gegenseitig Windschutz gewähren, zweitens sind solche Polster befähigt, schwammartig Wasser aufzusaugen, kapillar festzuhalten und so der Gefahr des Vertrocknens zu entgehen. Solche Polster kommen vor in den Hochgebirgen Südamerikas *(Azorella)*, auf den Kerguelen *(Acaena)* und in Steppen und Wüsten *(Anabasis aretioïdes)*. Für die Alpen hat Schröter sie eingehend behandelt. Hier wachsen in Polstern *Androsace helvetica, Alsine sedoïdes, Silene excapa* u. a. Weitere morphologische Anpassungen an erhöhte Verdunstung sind Rosetten- und Rasenbildung. Erstere zeigt sich in den Alpen bei *Saxifraga aizoon, Saxifraga cotyledon,* (wie ja die Saxifraga-Arten auch bei uns rosettenbildend sind), *Draba aizoïdes*, *Kernera saxatilis* u. a. Der Vorteil der Rosettenbildung liegt klar auf der Hand: Die dem Boden angedrückten Blätter bieten dem austrocknenden Winde kein Angriffsfeld, der vielmehr fast wirkungslos über sie hinstreicht, zumal wenn die Rosetten sich in Vertiefungen zwischen Gesteinstücken ausbreiten.

Was endlich die Rasenbildung anlangt, so liegen bei ihr die Verhältnisse wie bei der Polsterbildung: Erstens wird Wasser zwischen den dicht nebeneinander stehenden Trieben kapillar festgehalten, zweitens schützen sich die einzelnen Stengel gegenseitig, so daß nur immer die äußersten in höherem Maße unter heftiger Transpiration zu leiden haben, was aber dadurch ausgeglichen wird, daß von innen Wasser als Ersatz zugeführt werden kann.

Rasenbildende Arten der Alpen sind: *Phyteuma corniculatum. Bupleurum stellatum* und *Carex mucronata.* Bei uns bilden zahlreiche Gramineen dichte Rasen *(Weingaertneria)*.

Wir wenden uns nun dem mechanischen Einfluß des Windes auf den Boden und damit mittelbar auf die Pflanzenwelt zu.

Der Wind wirkt in Bezug auf den Boden der Festländer einerseits aufbauend, andererseits zerstörend. Diese aufbauende bezw. zerstörende Gewalt des Windes tritt uns besonders in Gegenden mit losem Sandboden z. B. an Küsten und in Wüsten entgegen.

An der Nordsee gehen die ersten Dünenanfänge aus feuchten Sandplatten hervor, die durch Anwachsen von Sandbänken über das Niveau des Meeres entstanden sind. Unter günstigen Verhältnissen siedeln sich nun auf solchen Sandplatten Exemplare von *Triticum junceum* an, die als dünenbildende Pflanze von hoher Bedeutung ist. Dieses Gras, welches an Salzgehalt des Bodens gebunden ist, fängt den vom Winde herbeigeführten Sand mit der unteren Hälfte seines Halmes auf, so daß Miniaturdünen entstehen, die allmählich die Pflanze zu begraben drohen. Doch dies geschieht keineswegs, vielmehr wächst mit der Dünenhöhe auch das *Triticum junceum*. Solche Dünen können eine Höhe von 3 m erreichen. Sobald die Überflutungen dieser Dünen aufhören, beginnt auch der Salzgehalt des Bodens, der durch den Regen ausgewaschen wird, zu schwinden, das *Triticum junceum* kommt nicht mehr fort. An seine Stelle, — die Düne ist nun schon durch die Wurzeln des

Triticum in gewissem Maße fest geworden, — treten hohe Dünengräser wie *Calamagrostis arenaria*, und es entsteht die sekundäre Sandgrasdüne. Der Boden wird jetzt fester und fester, andere Gewächse siedeln sich an, und schließlich ist eine tertiäre bewachsene Düne vorhanden, auf der z. B. *Hippophaë rhamnoïdes* Gesträuche bildet. In etwas anderer Weise vollzieht sich am Strande der Ostsee die Dünenbildung. Hier ist die wichtigste Dünenpflanze *Hordeum arenarium*. Im übrigen ist der Verlauf der Dünenentwicklung fast der gleiche wie an der Nordsee. Mit der grauen oder festliegenden Düne erreicht die Dünenentwicklung ihren Abschluß. Diese Düne ist dann vorhanden, wenn der Boden so fest geworden ist, daß eine Verletzung desselben durch den Wind nicht mehr oder doch nur selten vorkommt. Die graue Düne ist bewachsen mit Moosen, Flechten und Blütenpflanzen, die ihr einen graugrünen Ton verleihen.

Solche Verhältnisse nun, wie wir sie soeben besprochen haben, finden sich nicht nur an unserer deutschen, sondern auch an anderen Küsten und in Binnenländern, wo weite Sandflächen dem Angriff des Windes ausgesetzt sind.

So werden nach Engler in den Aregs Nordafrikas Dünen gebildet, indem sich um Stämme von Tamarisken, *Genista raetam*, *Calligonum* oder *Astragalus gombo* Sand ansammelt, der die Pflanzen nach und nach bedeckt. Geht nun ein kräftiger Regen hernieder, so schlagen die begrabenen Pflanzen wieder aus, durchbrechen die Sanddecke und wachsen empor, worauf das Spiel von neuem beginnt.

Ähnliche Erscheinungen zeigen sich auch in Deutsch-Südwest-Afrika, wo besonders das Verhalten von *Acanthosicyos horrida* auffallend ist. Dieser Strauch ist blattlos, besitzt jedoch dicht gedrängte, paarweise Dornen in so großer Anzahl, daß undurchdringliche Gebüsche von Mannshöhe entstehen. Seine Wurzeln werden bis 15 m lang, und dringen tief in den Erdboden ein. Wie in Nordafrika um Tamarisken, so häufen sich die herbeigeführten Sande auch um die Stämme dieser Büsche auf, doch auch hier wachsen die Sprosse mit dem Sande und schließlich über ihn hinaus.

Betrachten wir nun die Merkmale, welche den auf dem Winde ausgesetzten Sandböden wachsenden Pflanzen zukommen, so finden wir: Weit kriechende Rhizome *(Ipomoea pes caprae)*, Blätter, welche durch Wachsüberzüge *(Eryngium maritimum)*, Wollhaare *(Antennaria)*, schmale, ledrige Beschaffenheit *(Hippophaë rhamnoïdes)* geschützt oder gar durch Dornen *(Acanthosicyos horrida)* ersetzt sind.

Wichtiger als die aufbauende ist nun die zerstörende Wirkung des Windes.

Reinke hat beobachtet, daß der Wind im Innern der ostfriesischen Insel Juist die Pflanzendecke der Dünen zerrissen und die dadurch der Festigkeit beraubten Dünen selbst ausgekehlt hat. Die Folge dieses Vorganges war, daß sich an den entblößten Stellen *Psamma* in großer Menge ansiedelte und *Salix repens* ebenfalls wieder neue Triebe hervorbrachte.

Wenn „langgestreckte Windrisse nach verschiedenen Richtungen in die Sandmassen einschneiden“[1]), so entstehen die sogenannten Kupsten[2]). Die Flora derselben besteht entweder aus Sandgrasheide oder kleinen Beständen von *Salix*. Diese Kupsten treten zumeist in größerer Anzahl auf und bilden ein Kupstengelände. Wird nun nicht nur ein Teil einer Düne von Pflanzen entblößt, sondern ein ganzes Dünensystem seiner Vegetation beraubt, so entsteht eine Wanderdüne. Diese ist von hervorragender Bedeutung für die Pflanzenwelt der Küsten. Ihr Fortschreiten findet in der Weise statt, daß die Sandkörner der Luvseite bei starkem Winde fortwährend über den Kamm hinweggetrieben werden und sich an der Leeseite wieder ablagern, so daß die Düne in dem Maße fortschreitet, wie sie vorher allmählich abgetragen wird. Hat eine solche Düne einmal zu wandern angefangen, so kann sich nach Preuß auf natürlichem Wege ihre Festlegung niemals vollziehen, daher sie in ihrem größten Teile vegetationslos ist. Nur zuweilen siedeln sich Chroococcaceen, Oscillariaceen und andere Algen an, die jedoch bald wieder von herbeigewehtem Sande begraben werden. Trifft eine solche Düne nun auf Wald, so beginnt derselbe allmählich zu versanden. Höher und höher wird die gleitende Masse, und im Laufe der Zeit verschwindet der ganze Wald in dem weißen Grabe. Wandert eine solche Düne dann weiter, so kommen die Reste des verschütteten Waldes wieder zum Vorschein. Tritt jedoch nicht völlige Verschüttung ein, so ist es möglich, daß die Bäume die Versandung bis zu einer gewissen Stammhöhe überdauern. So erzeugen Kiefern, die ihr Höhenwachstum beendet haben, eine Krone, welche sich flach auf dem Sande ausbreitet.

Außer der Versandung durch Wanderdünen sind namentlich für die Flora der Hochwälder Verwehungen, die nur einige Zentimeter betragen, von hoher Bedeutung. Die Bodenflora der Nadelholzwaldungen paßt sich, da sie mit xerophilem Bau ausgerüstet ist, geringen Sandverwehungen ohne Schwierigkeit an; anders jedoch ist es in Buchenwäldern. Hier veranlaßt eine minimale Zuführung von Sand ein Schwinden der typischen Bodenflora. Dafür finden sich andere, teilweise der Dünenflora angehörige Gewächse ein, wie z. B. *Calamagrostis epigea*, *Hordeum arenarium* und *Sedum acre*.

Wir hätten nun noch die Zerstörungen zu betrachten, welche durch die Brandung an den Küsten und damit auch in der Pflanzenwelt derselben angerichtet werden.

Bedeutend sind die Veränderungen, die im Laufe der Zeit an der Nordseeküste stattgefunden haben. Die Dünenzüge, die sich auf den vorhandenen Nehrungen befanden, sind durch die zerstörende Kraft der Nordseewellen oft durchbrochen worden, und das hinter ihnen liegende Marschland verwandelte sich dadurch in das Wattenmeer. Daß damit auch eine bedeutende floristische

[1]) Jentzsch, p. 66.
[2]) Litauisch Kupsta = kleine Erhöhung (zitiert nach Preuß).

Veränderung Hand in Hand ging, versteht sich von selbst. Charakteristische Beispiele von Landverlusten durch Meereswellen sind ferner Helgoland und die deutsche Ostseeküste in Arkona auf Rügen, wo leicht zerstörbare Schichten (Kreide) vorhanden sind. Bedeutende Veränderungen der Küste und damit der Pflanzenwelt habe ich selbst bei Reval an der Ostseeküste beobachtet, wo alljährlich zur Zeit der Frühjahrs- und Herbststürme das Meer bis an die aus Geschiebemergeln, Tonen und Sanden bestehende Steilküste vordringt, diese unterwäscht und so den Absturz ganzer Wald- und Wiesenstreifen veranlaßt. In derselben Weise hat auf der ostfriesischen Insel Juist das Meer in den letzten zehn Jahren westlich von Hall-Ohms-Glopp die 20 m hohe Düne in einer Tiefe von etwa 50 m landeinwärts weggerissen, so daß, wenn nicht durch Steinbuhnen eine Schutzwehr geschaffen wird, die ganze Insel mit ihrem Pflanzenwuchs den sturmgepeitschten Meereswellen zum Opfer fallen muß.

Wir wenden uns nun der Bedeutung der Winde zu, welche sie als Regenbringer für die Pflanzenwelt der Erde haben.

Wenn ein vom Meere kommender, mit Wasserdampf gesättigter Wind auf ein Gebirge eines Kontinents trifft, so wird er zum Aufsteigen gezwungen. Dabei tritt Verdünnung und Abkühlung ein, und der Wasserdampf fällt als Regen zur Erde. So schlägt sich die Feuchtigkeit der westlichen Äquatorialwinde an den Anden im Süden von Südamerika nieder, infolgedessen hier ein sehr üppiger Wald, der antarktische Regenwald, entsteht. Dieser Wald reicht von 36° südlicher Breite bis zum Feuerland und bedeckt das Land vom Meere bis zu einer Höhe von 1700—2000 m. In Ostasien ist es der Südwestmonsun, der den im Winter herrschenden Nordostpassat ablöst und reichliche Frühjahrsregen herbeiführt. Der gleiche Wind ist der Regenspender für das vorderindische Gebiet. Er büßt jedoch an der Westküste am Western Ghat einen großen Teil seiner Feuchtigkeit ein, so daß auf dem Plateau von Dekan an manchen Stellen völlig regenlose Zonen vorhanden sind. In den vom Regen getroffenen Gebieten entstehen aus Bambusen, Calamus-Arten und anderen Pflanzen zusammengesetzte Dickichte (Dschungeln). Der Südwestmonsun ist es auch, der im eigentlichen Monsungebiet, welches sich vom tropischen Himalaya über die malesischen Inseln bis zum tropischen Australien und Neuseeland erstreckt, die fruchtbaren Regenfälle verursacht. Hier finden wir als charakteristischsten Pflanzenverein den tropischen Regenwald. Zahlreich sind die Anpassungen an Windwirkungen, die sich in diesen Wäldern beobachten lassen. Zunächst kämen hier Tafel- und Stützwurzeln in Frage. Erstere sind viele Male höher als breit, gleichen also senkrecht aufgestellten Tafeln und finden sich namentlich bei Bäumen mit riesigen Stämmen, dienen also dazu, diesen einen festen Halt im Boden zu geben gegen die besonders die Krone als Angriffsfeld benutzende Kraft des Windes. Solche Tafelwurzeln sind vorhanden bei Ficus- und Bombaxarten, bei *Myristica, Sterculia* u. a. Eine ähnliche, schon oben besprochene Anpassung an Druckwirkung des Windes sind Stützwurzeln, wie

sie bei *Pandanus* und niedrigen Palmenarten vorkommen. Eine weitere merkwürdige Erscheinung ist die Anpassung vieler Pflanzen des tropischen Regenwaldes an zu große Verdunstung, eine Erscheinung, die sich daraus erklären läßt, daß am Vormittag in der Tat eine starke Transpiration stattfindet, während erst am Nachmittag die Regenfälle beginnen. Man findet hier oft eingesenkte Spaltöffnungen, stark kutikularisierte Epidermen, Wassergewebe u. s. w. Im mexikanischen Gebiet sind es die sich am östlichen Abhang der Kordilleren niederschlagenden, vom Passat herbeigeführten Regenmengen, welche eine äußerst üppige Vegetation hervorrufen. Bei einer Regenzeit von 8—9 Monaten finden sich hier feuchte, aus immergrünen Bäumen bestehende Gebirgswälder, in denen Orchideen in größter Mannigfaltigkeit auftreten. Auf den Antillen herrscht auf der Nordseite ebenfalls ein feuchtes Klima, weil hier der Passat an den Gebirgen seine Wassermassen entladet. Im nördlichen Teil von Südamerika herrschen fast ununterbrochen östliche und nordöstliche Winde, die, vom Atlantischen Ozean herwehend, an Wasserdampf so reich sind, daß schon bei geringer Abkühlung Regenfälle eintreten, zumal Gebirgsketten die Küste des Karaïbischen Meeres begleiten, an denen die Seewinde eine Schranke finden. So sehen wir denn hier große Wälder, wie sie auch in Mittelamerika, wo dieselben klimatischen Verhältnisse herrschen, vorhanden sind. Kommen wir zu Brasilien, so bemerken wir, daß in diesem Lande der Südostpassat herrscht, welcher über den Kontinent bis zu den Anden hinweht. Im Südosten wird dieser Wind von der Serra do Mar aufgefangen, auf der sich infolgedessen die üppigsten Wälder entwickeln. An denjenigen Küstenstrichen Südamerikas, an denen keine vorgelagerten Gebirge den Südostpassat abfangen, streicht derselbe über den Kontinent bis zur Ostseite der Anden hin, wo er seine Wassermassen entladet, so daß hier günstige Bedingungen für die Entwicklung reichen Pflanzenlebens vorliegen.

Wenn nun, wie wir es im Bisherigen sahen, vorgelagerte Gebirge den regenbringenden Winden die Feuchtigkeit entziehen, so müssen dieselben, nachdem sie den Kamm der Gebirgsketten überschritten haben, als trockene Winde, die außerdem durch die zunehmende Verdichtung wärmer werden, zu Tal wehen (Föhn). So sehen wir infolge des trockenen Föhns die Mediterranvegetation in die Alpentäler vordringen. Wir sehen ferner, wie sich im Innern von großen Kontinenten Steppen, Savannen und Wüsten vorfinden unter dem Einfluß solcher Winde, deren Feuchtigkeit von Küstengebirgen und Wäldern aufgenommen worden ist. Aber es ist für die Entwicklung regenarmer Formationen nicht einmal nötig, daß Küstengebirge die Wassermengen der Seewinde zum Niederschlagen bringen, sondern es genügt, wenn ein mit Feuchtigkeit gesättigter Wind über weite Ebenen hinstreicht. Auf diesem Wege wird er den größten Teil seiner Feuchtigkeit verlieren. Daher herrscht auch im Innern solcher Kontinente, deren Küsten keine hohen Gebirge aufweisen, ein trockenes, regenarmes Klima.

In solchen regenarmen Gebieten finden sich nun mannigfaltige

Anpassungen von Verdunstung und Wassermangel. Wir bemerken mehrjährige Kräuter und Stauden, die ihre Existenz vornehmlich vermittelst unterirdischer Organe wie Zwiebeln oder Knollen erhalten. Wir finden Wollhaarbekleidungen, Dornen, Kakteenformen und andere Eigentümlichkeiten einer xerophilen Bauart.

Zu solchen Formationen regenarmer Gebiete gehören die Prärieen Nordamerikas. Sie haben eine kurze Vegetationszeit, die durch sporadische Niederschläge eingeleitet wird. Daraus erklärt es sich, daß diesen Prärieen Wälder vollständig fehlen und nur Gräser *(Buchloë, Bouteloua)*, Kräuter und Stauden vorhanden sind.

Eine ähnliche Ausbildung zeigen die Savannen, die ebenfalls der Hauptsache nach aus steifblättrigen, in Rasen wachsenden Gräsern bestehen. Aber neben diesen gibt es hier auch Sträucher und Bäume. Die am dichtesten mit Bäumen bewachsenen Savannen *(Campos-cerrados)* sind „eine Art niedrige, offene, sonnige Wälder mit gekrümmten und gedrehten Stämmen und einer reichen, aus Gräsern, Stauden und zerstreuten kleinen Sträuchern bestehenden Bodenvegetation.“[1])

Auch der Skrub Australiens verdankt sein Entstehen und sein Aussehen dem Umstande, daß der Passat, der von Osten her über das Festland hinweht, an den östlichen Bergen seine Feuchtigkeit abgibt und infolgedessen im Innern des Landes als trockner Wind auftritt. Die Gebüsche dieser Formation bestehen aus filzigen, dichten Sträuchern, die zwar immergrün sind, aber eine schmutziggrüne oder braungrüne Farbe besitzen. Die Bauart der Gewächse ist typisch xerophil. Sie haben schmale, oft stechende Blätter vom ericoïden oder pinoïden Typus. Hierzu gehören Proteaceen, Myrtaceen, Mimosaceen u. a.

An der Nordküste von Afrika, wo der Atlas die vom Mittelmeer kommenden Regenmengen auffängt, herrscht eine an mittlere Feuchtigkeit gebundene Vegetation. Wo dagegen kein Küstengebirge vorhanden ist, wie zwischen Oran und Mostaganem, sind Steppen vorhanden, deren Charakterpflanze *Stipa tenacissima* ist.

In Südafrika erreichen die vom Meere kommenden Dampfmassen, die sich an den das Innere einschließenden Bergen verdichten, die Karraofelder nur da, wo durch Taleinschnitte den Seewinden ein Zugang möglich ist. In den Hochebenen jedoch ist die Lufttrockenheit so groß, daß hier Gewächse, die in der Nähe der Küste gut gedeihen, nicht mehr bestehen können. Wir haben infolgedessen eine ausgeprägt xerophile Vegetation vor uns: Die Sträucher sind immergrün, die Blätter klein oder sukkulent, Haarbekleidungen sind häufig. Wir finden zum Teil so dicht mit Sukkulenten gemischte Gesträuchdickichte, daß sie selbst bei größter Trockenheit nicht durch Feuer zu zerstören sind.

In der nordamerikanischen Salzwüste, einer vom Oregon und Kolorado umflossenen Mulde, fehlt jeder Pflanzenwuchs. Dies kommt daher, daß die Gebirge, welche auf allen Seiten die Wüste umgeben, den Wasserdampf einer jeden Luftströmung, woher sie

[1]) Warming, p. 274—275.

auch immer kommen mag, auffangen, so daß er nicht in das Innere der Mulde eindringen kann.

Dieselbe wasserentziehende Wirkung der Gebirge zeigt sich auf Jamaika. Hier wird der von Norden kommende Passat durch die Gebirge der Insel seines Wasserdampfes beraubt, so daß südlich der Gebirgskette Savannenklima herrscht. Dasselbe gilt von den Llanos Venezuelas, denen durch die das Karaïbische Meer begleitenden Gebirge die Feuchtigkeit entzogen wird. Die Folge der Regenarmut dieser Gebiete ist das völlige Fehlen von Baumvegetation.

Wir wenden uns nun der Bedeutung der Winde in Bezug auf die Besiedelung neuer Standorte zu.

Je höher wir nach Norden kommen, um so geringer wird die Zahl der Insekten, die für eine Bestäubung von Blütenpflanzen in Frage kommen. Daher sehen wir denn in jenen Breiten die Windbestäubung in hohem Maße zunehmen.

Wir haben auf Nowaja Semlja 32 %, in Grönland 34 % und in Spitzbergen 37 % anemophile Gewächse. Dies erklärt sich leicht daraus, daß die Windblütler auch in den Gegenden, wo bestäubende Insekten fehlen, fortkommen und vordringen können, weil ihr in ungeheuerer Menge erzeugter Pollen über weite Strecken vom Winde dahingetragen wird.

Es zeigt sich ferner, daß die Anemophilie zunimmt, je mehr ein Standort dem Winde ausgesetzt ist. So haben wir 47 % Windblütler auf den Marschinseln der Nordsee, was seinen Grund darin hat, daß die Insekten solche sturmumbrausten Eilande meiden. Daher denn die an Insektenbestäubung gebundenen Gewächse dort nur in geringer Zahl auftreten.

Beschäftigen wir uns nun mit der direkten Verbreitung von Pflanzen durch den Wind.

Eine außerordentliche ins Auge fallende Erscheinung sind hierbei die sogenannten Steppenläufer oder Windhexen. Von diesen Pflanzen, die sich der Verbreitung durch den Wind in der Weise angepaßt haben, daß entweder die leichten, kugeligen Früchte oder die ebenso gebauten Fruchtstände oder endlich die ganzen, sich zusammenrollenden Pflanzen ein Spiel der Winde werden, gibt es eine ganze Anzahl. Am bekanntesten sind *Anastatica hierochuntica*, die Rose von Jericho, und *Parmelia esculenta*, die Mannaflechte, welche letztere ihre Heimat in den Wüsten von Zentralasien bis Algier hat. Da die meisten dieser Gewächse die Eigentümlichkeit besitzen, ihre Stengel, Fruchtklappen usw. erst bei Feuchtigkeit zu öffnen bezw. zu strecken, so werden die Samen erst beim Beginn der Regenzeit ausgestreut, wo sie sogleich günstige Bedingungen für eine schnelle Entwicklung vorfinden. Eine größere Anzahl solcher Gewächse führt Huth an. Fruchtstände, die sich der Verbreitung durch den Wind angepaßt haben, sind nach ihm die von *Trifolium nidificum*, *Trifolium globosum*, *Paronychia capella*, welche letztere im pontischen Gebiet weit verbreitet ist. Ganze Pflanzen, die ein Spielball der Winde werden, sind *Plantago cretica*, *Gundelia Tournefortii* (persische Steppen), *Alhagi camelorum*

und *Centaurea diffusa* (südrussische Steppen). In Nordamerika kommt *Amarantus albus* als Wirbelkraut in den Prärieen vor. In der indo-malayischen Strandflora ist das interessanteste Wirbelkraut *Spinifex squarrosus*. Der kugelige Fruchtstand dieser Pflanze ist mit langen Stacheln versehen. Faßt nun der Wind in dieses Stachelgewirr hinein, so rollt er den Fruchtstand über den Sand dahin, wobei die Samen ausgestreut werden und eine weite Verbreitung finden. Haben sich schließlich die Stacheln abgenutzt, so bleibt die von Samen entleerte Hülle liegen.

Wenn in Norwegen ein Nadelwald zerstört wird, so wandern zuerst Birken und Pappeln ein, weil sie leichte Früchte und Samen haben, die vom Winde durch die Luft herbeigeführt werden. Bei einer solchen Verbreitung von Samen und Sporen müssen dieselben naturgemäß an sich so leicht sein, daß der Wind sie davontragen kann, oder sie müssen mit Einrichtungen versehen sein, die bei einer Vergrößerung der Oberfläche doch keine Vermehrung des Gesamtgewichtes mit sich bringen. Was den ersten Fall anlangt, so findet er sich vornehmlich bei Cryptogamen. Jedoch auch bei Phanerogamen ist die Kleinheit der Samen oft einer Fortführung durch den Wind günstig. Besonders die Orchideen der Alpen fallen in dieser Beziehung in die Augen. Ihre in ungeheuerer Zahl erzeugten Samen haben ein Gewicht von 0,002—0,008 mg. Mit solchen „Windsamen" ausgerüstet sind ferner *Saxifraga aspera* (0,01 mg), *Sedum maximum* (0,04 mg), *Gentiana nivalis* (0,015 mg), *Parnassia palustris* (0,03 mg) u. a.

Kommen wir nun zu denjenigen Samen, die mit Oberflächenvergrößerungen versehen sind, um dem Winde eine breitere Angriffsfläche zu bieten, so tritt uns hier als weitaus wirkungsvollste Einrichtung die Federkrone der Kompositen entgegen. Von den schweizerischen Kompositen besitzen 79 %, von denen der alpinen Region sogar 85 % dieses Verbreitungsmittel. Ähnlich wirken natürlich Haare, wie sie z. B. an den Samen von *Epilobium* und an den Früchten von *Eriophorum* sich finden. Weniger wirksam dagegen sind die als Teufelsbart bekannten Fruchtstände von *Dryas* und *Sieversia*, da hier das Gewicht der einzelnen Früchtchen schon bedeutend größer ist als in den bisher besprochenen Fällen.

Der Wert dieser Einrichtungen zur Samenverbreitung ist ohne weiteres klar: Der Wind verbreitet solche Pflanzen über weite Areale, und wenn diese dann günstige Boden- und Klimaverhältnisse antreffen, so dringen sie weiter und weiter vor, diejenigen Konkurrenten überflügelnd, welche eine solche Verbreitung nicht zulassen.

Während nun Kerner der Ansicht ist, daß die von der Luft beförderten Samen „ein nahes Ziel im hohen Bogen erreichen und von der Übertragung luftfahrender Samen über weite Länder und Meere nicht die Rede sein kann"[1], behauptet Schröter, daß letzteres sehr wohl möglich sei, und belegt seine Meinung, mit empirischen Beobachtungen.[2]

---

[1] Kerner, p. 165.

[2] Schröter, p. 739.

Als bestes Beispiel für die Verbreitung der Samen durch den Wind über weite Strecken ist jedoch die ozeanische Inselflora heranzuziehen. Auf allen diesen Inseln fällt der hohe Prozentsatz an Farnen auf, was sich daraus erklärt, daß die Sporen derselben am leichtesten vom Winde über große Entfernungen entführt werden, wie man denn auch im Staube der Luft stets Sporen aller möglichen Kryptogamen findet.

Noch heute zeigt es sich, daß die Gewächse mit den leichtesten Sporen bezw. Samen Neuland, sei es kontinentaler, sei es insularer Natur, am frühesten in Besitz nehmen. So läßt sich in Gebirgen beobachten, daß Geröllhalden zuerst von Algen, Moosen und Farnen, sodann von Samen mit Haarausrüstungen usw. besiedelt werden.

Wir hätten nun noch den mittelbaren Einfluß des Windes auf die Verbreitung von Pflanzen kurz zu besprechen.

Oft kommt es vor, daß Vögel, an deren Gefieder Samen haften, vom Sturme über die Meere verschlagen werden, bis ihnen ein Eiland im Ozean einen Augenblick der Ruhe ermöglicht. Hierbei werden dann vielleicht die Samen oder Früchte, die sie mitbrachten, abgestreift. Aber auch dadurch, daß z. B. Leichen von Vögeln, in deren Kröpfen sich keimfähige Samen befinden, von Stürmen an insulare Küsten geworfen werden, kann eine Verbreitung der Pflanzen herbeigeführt werden. Ebenso können sich Samen und Früchte mit Baumstämmen, die vom Winde über das Meer getrieben werden, an fernen Küsten einfinden. Darwin z. B. stellte an einem angeschwemmten Eichenstamm drei zwischen den Wurzeln eingeklemmte Dikotylensamen fest, welche nach der Aussaat keimten. Dies beweist, daß eine Pflanzenverbreitung auch auf diesem Wege durchaus wahrscheinlich ist.

Fassen wir kurz die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen.

Zusammenfassung.

I. Wirkungen des Windes in Bezug auf die Vegetation der Meere und großen Binnengewässer.
   1. Die äußeren Formen der Pflanzen werden durch den Wellenschlag typisch ausgestaltet.
   2. Der Boden des Meeres wird stellenweise durch den Einfluß des Windes seiner Vegetation beraubt.
   3. Die Zusammensetzung der Formationen richtet sich nach der größeren oder geringeren Zufuhr von Sauerstoff und Nährstoffen, welche vom Winde abhängt.
   4. Der Wind verbreitet viele Wasserpflanzen und übernimmt deren Befruchtung.

II. Wirkungen des Windes in Bezug auf die Vegetation des Festlandes.
   1. Der Wind wirkt baum- bezw. pflanzenwuchshindernd an offenen Stellen.

2. Er wirkt vernichtend in Baumbeständen durch Windwurf und Windbruch.
3. Die Pflanzen werden durch die schädlichen Wirkungen des Windes, welche namentlich in einer Erhöhung der Transpiration bestehen, veranlaßt, sich diesen möglichst anzupassen durch Verkleinerung der transpirierenden Oberfläche, Haarbedeckungen, Wachsüberzüge, Einsenkung der Spaltöffnungen, Zwergwuchs, Rosetten-, Polster- und Rasenbildung.
4. Der Wind bewirkt Veränderungen in der Oberflächengestaltung des Erdbodens und damit auch in der Pflanzenwelt desselben. Diese Veränderungen sind einerseits fördernd, andererseits vernichtend.
5. Die Winde haben eine hohe Bedeutung für die Vegetation als Regenbringer. Da Küstengebirge den Seewinden ihre Feuchtigkeit entziehen, ist ihre Vegetation meist üppig, während die dahinter liegenden Teile der Kontinente meist ein trockenes Klima und dürftige bezw. an große Trockenheit angepaßte Vegetation aufweisen.
6. Die Winde sorgen für die Verbreitung zahlreicher Gewächse über Länder und Meere. Sie bewirken ein Überwiegen der Anemophilie in windigen Gegenden und verbreiten Samen, Sporen und Früchte direkt, indem sie sie auf dem Erdboden oder durch die Luft davonführen, oder indirekt, indem sie sich der Vögel oder Meereswellen als Mittel bedienen.

Über Nachweis und Vorkommen von Nitraten und Nitriten in Pflanzen.

Von

Richard Klein, Wien.

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

No. 51 der 2. Folge.

Mit Tafel I und II.

A. Über den mikrochemischen Nachweis und das Vorkommen von Nitraten in den Pflanzen.

Die wichtige Rolle, welche die Nitrate im Stoffwechsel der Pflanze spielen, hat schon frühzeitig zu Versuchen, sie makro- und mikrochemisch nachzuweisen, geführt. Die folgenden Untersuchungen hatten den Zweck, die Brauchbarkeit der bisher in der Pflanzenchemie verwendeten Reaktionen zu überprüfen und zu zeigen, ob einige neuere in der Chemie und in der Mineralogie angewendete Methoden für mikrochemische Untersuchungen von Pflanzen geeignet seien.

I. Über den mikrochemischen Nachweis von Nitraten.

1. Der Nachweis durch Auskristallisation.

Der erste Versuch, Salpetersäure in Pflanzen mikrochemisch nachzuweisen, rührt von Borodin her. Man befeuchtet die Schnitte mit Alkohol und läßt sie unter dem Deckglas eintrocknen, wobei die Nitrate auskristallisieren. Die Methode hat neben der geringen Empfindlichkeit den Nachteil, daß gleichzeitig Asparagin- und andere Kristalle ausfallen, von welchen jedoch die Nitratkristalle durch Winkelmessungen und durch die Blaufärbung mit Diphenylamin-Schwefelsäure unterschieden werden können. Auch lösen sie sich in gesättigter Asparaginlösung leicht, während die Asparaginkristalle darin unlöslich sind (Borodin'sche Probe. Siehe Zimmermann, 40, p. 50 u. 80).

2. Farbenreaktionen.

1883 hat Molisch (28) das als überaus empfindliches Reagens auf Nitrate bekannte Diphenylamin in schwefelsaurer Lösung für botanische Untersuchungen angewendet. Die Schnitte werden mit einem Tropfen einer Lösung von $^1/_{100}$ bis $^1/_{10}$ gr Diphenylamin in 10 cc salpetersäurefreier konz. H_2SO_4 überdeckt. Diese Reaktion hat in der botanischen Mikrochemie und Physiologie ausgezeichnete Dienste geleistet und die meisten Resultate, die man heute über die Verteilung der Nitrate und über Stickstoffassimilation kennt, sind auf Grund dieser Reaktion gewonnen worden. Die bei dieser Reaktion beobachtete Blaufärbung bleibt aber in verholzten Zweigen selbst bei Gegenwart von Nitraten aus, was auf die reduzierende Wirkung der durch die Schwefelsäure gebildeten Huminsubstanzen zurückzuführen ist, worauf schon Molisch aufmerksam machte.[1]) Auch die Anwesenheit von Chlorophyll wirkt störend, und größere Mengen können sogar den Eintritt der Reaktion verhindern. Doch bietet diese Probe nicht zu unterschätzende Vorteile, vor allem die schon erwähnte ganz außerordentliche Empfindlichkeit und die Möglichkeit, salpetersaure Salze schnell und sicher zu erkennen. Nitrite, welche diese und alle Nitrat-Reaktionen gleichfalls geben, sind, wie wir später noch sehen werden, in den Pflanzen bisher höchst selten mit Sicherheit nachgewiesen, und andere oxydierende Substanzen, wie z. B. H_2O_2, MnO_2, Fe_2O_3, die auch Blaufärbung der Diphenylaminlösung hervorrufen, kommen für uns nicht in Betracht, wohl aber bei Bodenuntersuchungen. Wie die Arbeiten von Frank (19, 20) zeigen, kann die Außerachtlassung des letztgenannten Umstandes zu groben Irrtümern führen. Dieser Autor ist nämlich der Ansicht, daß die Bläuung nur durch Nitrate bewirkt werden könne, und macht daher die eigentümliche Beobachtung, daß ein von ihm verwendeter Quarzsand das Vermögen besitzt, Nitrate in unglaublichem Maße festzuhalten, so daß sie weder durch Auswaschen noch durch Glühen des Sandes entfernt werden können (20, p. 110). Auf die Haltlosigkeit dieser Entdeckung Frank's, der übrigens das Ausbleiben der Reaktion stets auf die Abwesenheit von Nitraten zurückführt, hat bereits Schimper (32, p. 218) aufmerksam gemacht. Ich möchte an dieser Stelle gleich folgendes betonen: Wenn es uns nicht gelingt, in irgendeinem Pflanzenteil salpetersaure Salze nachzuweisen, sei es durch eine Farben- oder eine Niederschlagsreaktion, so dürfen wir nicht auf ihre Abwesenheit schließen. Wir werden Fälle kennen lernen, in welchen man die Nitrate in einem Organ finden kann, in einem tiefer gelegenen derselben Pflanze aber nicht. Da die Nitrate von der Pflanze aber zweifellos aus dem Boden aufgenommen werden, müssen sie auch die scheinbar nitratfreie Stelle durchwandern, wir sind daher zu der Annahme gezwungen, daß die Empfindlichkeit

[1]) Bekanntlich gibt Holz, das mit Salpeterlösung durchtränkt ist, die Reaktion nicht. Dieser Versuch, der von Molisch (29, p. 3) herrührt, wird von Czapek (15, p. 217 u. 219) und von Zimmermann (40, p. 50) irrtümlicherweise Schimper zugeschrieben.

unserer Reaktionen nicht so weit reicht, uns die Spuren, die sich auf der Wanderung befinden, anzuzeigen.[1])

Eine Verbesserung der Diphenylamin-Probe hat Ellram (15) angestrebt. In den verholzten Zellen wird die Blaufärbung durch die Stoffe, die die Ligninreaktion geben, verhindert. Behandelt man nun Schnitte durch verholzte Gewebe mit einer alkoholischen Diphenylaminlösung, die bis zum sichtbaren Ausfall von Kristallen mit verdünnter Salzsäure versetzt ist (16), so färben sich die betreffenden Partien goldgelb und auf Zusatz von Diphenylamin-Schwefelsäure tritt bei Gegenwart von Nitraten deutliche Reaktion ein. Von der Brauchbarkeit der Reaktion kann man sich, wie ich zu bestätigen vermag, an imprägniertem Holz sehr leicht überzeugen.

Ich möchte noch eine von Schmidt u. Lumpp 1910 angegebene Farbenreaktion erwähnen (33). Die blaue Lösung von Di-(9.10-monoxyphenanthryl-)amin in konz. H_2SO_4 zeigt Nitrate durch Farbenumschlag in blaustichigrot bis weinrot an. Meine Versuche, die Reaktion für mikrochemische Zwecke anzuwenden, haben mir gezeigt, daß die Farbenveränderung unter dem Mikroskop nicht wahrnehmbar ist, die Reaktion ist also für unsere Zwecke nicht brauchbar.

3. Niederschlagsreaktionen.

Die älteste, von Arnaud u. Padé (2, 3) angegeben, beruht auf der Bildung des schwerlöslichen Cinchonaminnitrates: $C_{19}H_{24}N_2O.NO_3H$. Zur Anwendung gelangt eine 0,4 prozentige Lösung von Cinchonaminchlorhydrat in 0,4 prozentiger Salzsäure. Das Nitrat, das nach Behrens (10, p. 141) fast so wenig löslich sein soll wie Gyps, kristallisiert in sechs- und vierseitigen Blättchen, von denen besonders die letzteren als charakteristisch bezeichnet werden (Taf. I, Fig. 1). Schon Ellram (15) hat auf die Unzulänglichkeit dieser Reaktion hingewiesen und ich kann seine Beobachtungen nur bestätigen. Die Kristalle entstehen nur bei der Untersuchung überaus nitratreicher Pflanzen, z. B. *Tradescantia*, liegen über dem Schnitt, sind sehr groß und erstrecken sich meist über mehrere Zellen. Die Reaktion tritt also nicht lokalisiert auf.

Eine andere von Mineralogen benutzte Reaktion ist für botanische Arbeiten ebenso wenig verwendbar. Nach Brauns (11) versetzt man die zu untersuchende Probe mit einem Tropfen Baryumchlorid und erwärmt auf dem Wasserbade. Beim Abkühlen fallen Oktaëder von Baryumnitrat aus. Ich habe, da diese Methode für die Prüfung von Schnitten ungeeignet ist, versucht, Baryumnitrat mit Alkohol zu fällen, was aber mit Salpeterlösungen, deren Konzentration den im Zellsafte vorhandenen entspricht, nicht mehr gelingt. Selbst typische Nitratpflanzen geben bei dieser Behandlung keine Reaktion. Für die von Schroeder van der Kolk (34) angegebene Modifikation gilt das gleiche. Man bringt die Probe in eine feuchte

[1]) Anstatt Diphenylamin kann man auch Brucin verwenden, doch ist ersteres vorzuziehen (28).

Kammer oder auf einen hohl geschliffenen Objektträger, versetzt mit konz. H_2SO_4 und bedeckt mit einem Deckglas, das einen Hängetropfen von $Ba(OH)_2$ trägt. Die freiwerdende Salpetersäure steigt in die $Ba(OH)_2$-Lösung und bei genügender Konzentration (die Reaktion wird im Mikroexsikkator durchgeführt) fallen die Oktaëder aus.

Zum Nachweis von Nitraten kann man auch Berberinazetat anwenden (Behrens, 9, p. 63 und 10, p. 141). Die Probe ist sehr empfindlich (0,005 mg HNO_3), doch fällt gleichzeitig das ebenfalls schwerlösliche Chlorid aus, dessen Kristalle von denen des Nitrates nicht leicht zu unterscheiden sind, weshalb ich auch diese Reaktion nicht weiter berücksichtigen will.

Bevor ich auf die Besprechung der Reaktion, die uns am meisten beschäftigen soll, eingehe, möchte ich die Methode erwähnen, die C. Acqua (1) anwendete, um den Ort der Salpetersäureassimilation in Pflanzen festzustellen. Er zog sie in Manganonitratlösungen und konstatierte in bestimmten Teilen eine Ausfällung von Manganohydroxyd. Wo diese stattfindet, erfolgt nach seiner Annahme der Nitratverbrauch. Die Unrichtigkeit dieser Behauptung ist bereits von Houtermans (24) festgestellt worden. Die Mn-Ausscheidung erfolgt auch, wenn das Mn in Form eines anderen Salzes der Pflanze geboten wird. „Die Schwärzung ist zwar auf Mn-Aufnahme zurückzuführen, aber unabhängig von der N-Assimilation (24, p. 28)". Der Umstand, daß es meist in der Wand und in den Interzellularen, seltener im Zellsaft zu finden ist, läßt wohl keinen Schluß über eine wählerische Aufnahme der Nitrationen seitens der lebenden Zelle zu.

Am wichtigsten unter den Fällungsreaktionen ist die mittels „Nitron".[1]) Dieses Reagens, Diphenylanilodihydrotriazol, $C_{20}H_{16}N_4$, bildet ein sehr schwer lösliches Nitrat, das in schönen Kristallen ausfällt. Es wurde von Busch (12; vgl. auch Gutbier, 23) in die quantitative Chemie, von Visser (38; siehe Emich, 17) in die Mikrochemie eingeführt. Von den anderen schwer löslichen Nitronverbindungen, deren Fällbarkeitsgrenzen aber bedeutend höher liegen als die des Nitrates (1:80000, nach Fluri [18] 1:133000), kommen für uns nur das Nitrit und das Oxalat in Betracht. Ersteres ist vom salpetersauren Salz nicht mit Sicherheit zu unterscheiden; für die Unterscheidung vom Oxalat mögen folgende Merkmale dienen:

Nitrat: Nadeln mit stumpfen Enden und Büschel; nach dem Umkristallisieren lange stumpfe Nadeln (Tafel I, Fig. 5). Im polarisierten Licht lebhafte Interferenzfarben, bes. nach dem Umkristallisieren.

Oxalat: Es entsteht zuerst eine Gallerte, welche sich allmählich in lange spitze Kristalle und Büschel umwandelt. Nur sehr dicke Kristalle zeigen manchmal stumpfe Enden (Tafel I, Fig. 6). Nach dem Umkristallisieren große gefiederte Büschel (Tafel I,

[1]) Von Merck zu beziehen. Man verwendet eine zehnprozentige Lsg. in fünfprozentiger Essigsäure.

Fig. 7). Doppelbrechung, keine Interferenzfarben. Ebenso wie das Nitrat gerade Auslöschung. Bei Gegenwart von wenig Oxalsäure entsteht nur ein Niederschlag von gallertartigem Aussehen, dessen kugelige Flocken im polarisierten Licht schwarze Kreuze zeigen.

Die Reaktion verläuft bei niedrigen Temperaturen vollständiger. Die Fällung tritt in Schnitten lokalisiert ein, doch muß das Deckglas schnell aufgelegt werden, da sonst die Kristalle aus den angeschnittenem Zellen herausschwimmen. Dauerpräparate sind im Reagens sehr gut haltbar.[1])

Ich habe die Reaktion mit Nitron zum Nachweis von Nitraten bei den verschiedensten Pflanzen angewendet und mich von ihrer Brauchbarkeit überzeugt. Die Niederschlagsbildung wird, soweit ich feststellen konnte, durch nichts beeinträchtigt, man kann diese Reaktion also stets anwenden. Sie leistet besonders dort, wo die Diphenylaminreaktion versagt, sehr gute Dienste. Im allgemeinen habe ich die von Busch angegebene optimale Lösung von 10 Prozent Nitron in 5prozentiger Essigsäure angewendet. In Schnitten[2]) von sehr nitratreichen Pflanzen, wie z. B. *Tradescantia* u. a., ist der Niederschlag aber so dicht, daß er alles überdeckt. Es erweist sich dann eine 5prozentige Nitronlösung als zweckmäßiger, da diese nicht quantitativ fällt.

[1]) Die Essigsäure, welche zum Auflösen des Nitron angewendet wird, fixiert die Schnitte, wodurch die Membranen permeabel werden. Allem Anschein nach tritt das Nitrat schneller aus dem Schnitt heraus, als das Nitron einzudringen vermag, so daß sich selbst bei schnellem Arbeiten oft zahlreiche Kristalle an der Epidermis festsetzen. Fluri (18, p. 115f.) hat diese Reaktion speziell zur Untersuchung von *Spirogyra*, deren Plasmapermeabilität er prüfte, angewendet. „Permeable Spirogyrafäden wurden in 2,5prozentige Kalisalpeterlösung übertragen, dann dreimal in destilliertem Wasser ausgewaschen; hierauf folgte auf dem Objektglas unter dem Mikroskop Zusatz von Nitronlösung. An der Oberfläche traten weiße Nadeln auf; im Zellinnern, sowohl im Protoplast wie auch im Zellsaft, blieb jedoch der Niederschlag aus. Wird der Algenfaden direkt aus dem Salpeterbad mit Nitron behandelt, so entsteht in der Flüssigkeit außerhalb der Zellen ein derart dichter Niederschlag, daß die Fäden unsichtbar werden." Entfernt man diesen, so sieht man, daß das Innere der Zellen keine Kristalle enthält. Nach Fluri kämen hierfür zwei Möglichkeiten in Betracht. Das Nitrat wird so fest an das Plasma gebunden, daß es nicht mehr nachweisbar ist, oder es ist in zu geringen Mengen vorhanden. Bei Zusatz des Reagens wandert überdies noch ein Teil hinaus, so daß der in der Zelle verbleibende Rest unterhalb der Empfindlichkeitsgrenze liegt. Selbstverständlich kann man nur die zweite Annahme berücksichtigen, doch erhält man, wie ich mich durch sorgfältige Versuche überzeugt habe, überhaupt keine Reaktion, wenn man die Fäden gründlich wäscht. Läßt man die Algen einige Minuten in destilliertem Wasser, das man mehrmals wechselt, dann tritt keine Reaktion ein. Um die erste Annahme als unrichtig hinzustellen, hat Fluri die Fäden vor der Behandlung mit Nitron mit Alkohol fixiert, wobei er augenscheinlich vergaß, daß Nitrate ziemlich alkohollöslich sind. Die einzig richtige Annahme wird sein, daß in die Fäden überhaupt kein Nitrat eindringt. Was die Bemerkung Fluri's zur Diphenylaminreaktion mit ebenso behandelten Fäden anbelangt (p. 116), so ist ihr entgegenzuhalten, daß es sich hier um eine Kontaktreaktion handelt, die Blaufärbung demnach selbst bei Gegenwart von Nitraten nicht im Zellinnern, sondern außerhalb auftreten muß.

[2]) Zur Bestimmung der Lokalisation eignen sich Längsschnitte meist besser als Querschnitte.

Daß man Nitrate von Oxalaten sehr leicht unterscheiden kann, läßt sich bei *Begonia* feststellen. Legt man Schnitte vom Blattstiel in Nitron, so kann man neben den sofort ausfallenden Nitratkristallen gallertige Kugeln beobachten (Tafel I, Fig. 2), aus welchen in kurzer Zeit feine Nadeln hervorschießen (Tafel I, Fig. 2 und 3). Bald verschwinden die Kugeln vollständig und es bleiben die Oxalatkristalle neben den Nitratkristallen übrig. Da aber jene verhältnismäßig leicht löslich sind, findet man in Dauerpräparaten schon nach ein bis zwei Wochen, oft sogar schon nach einigen Tagen, nur mehr die Nitratkristalle vor (Taf. I, Fig. 4).

II. Über das Vorkommen von Nitraten in Pflanzen.

1. Vorkommen in unterirdischen Organen.

Es ist schon lange (19. 20, 29, 32) bekannt, daß Nitrate nur dann in der Pflanze nachweisbar sind, wenn sie ihr von außen zugeführt werden. Kny (25) hat die Frage, an welcher Stelle der Wurzel ihre Aufnahme erfolgt, genauer studiert. Nach Angaben von Frank (19, p. 477) und von van Tieghem (zitiert nach Kny) soll ihre Absorption nur in der Region der Wurzelhaare stattfinden. Haberlandt schloß sich in seiner Physiologischen Pflanzenanatomie (1909, p. 200 ff.) dieser Anschauung an, ohne die Arbeit von Kny hinreichend zu berücksichtigen. Kny beobachtete nämlich, daß auch die Region, welche über die Wurzelhaare scheitelwärts hinausragt, Nitrate aufzunehmen vermag, die Spitze aber nicht mehr. Zieht man Keimpflanzen von *Zea Mays* und *Pisum sativum* in destilliertem Wasser und überträgt man sie dann in Knop'sche Nährlösung, so kann man an Längsschnitten durch die Wurzel die erste Reaktion mit Diphenylamin in der Partie zwischen Spitze und Haaren wahrnehmen.

Versuche ähnlicher Art, aber in viel geringerem Umfange, habe ich mit *Cucurbita Pepo* angestellt. Die Wurzelspitze selbst erweist sich als nitratfrei, der auf sie folgende haarlose Teil und die Region der Wurzelhaare geben starke Reaktion[1]). Legt man Längsschnitte oder sehr dünne Wurzeln in Nitron, so erhält man einen schön lokalisierten Niederschlag.

Die von der Wurzel aufgenommenen Nitrate wandern nun in die Blätter, wo sie assimiliert werden. Nach Schimper (32) ist ihre Verarbeitung als ein photochemischer Prozeß anzusehen, was aber vielfach bestritten wird. Suzuki, Zaleski, Godlewski u. a. (zitiert nach Czapek, 14, p. 205 ff.) haben gezeigt, daß Keimlinge und Blätter in zucker- und salpeterhaltiger Lösung auch im Dunkeln Eiweiß bilden können. Das Licht ist also nur von indirektem Einfluß auf die Nitratassimilation.[2]) Diese ist aber nicht nur auf die Blätter beschränkt.

---

[1]) Wo nicht anders bemerkt, wurde die Untersuchung mit Diphenylamin und mit Nitron ausgeführt.

[2]) Neuerdings wird sie von Baudisch (7, 8) auf Grund rein chemischer Untersuchungen als lichtchemischer Vorgang betrachtet. doch darf man Beobachtungen, die an Reaktionen in der Eprouvette angestellt werden, nicht ohne weiteres zur Erklärung von Prozessen in der Pflanze heranziehen.

Bis zu einem gewissen Grade sind alle Organe befähigt, Nitrate zu verarbeiten. Ishizuka (nach Czapek, 14, p. 218) hat dies z. B. für Wurzeln nachgewiesen. Die Behauptung von Frank (19, p. 483 u. 486), daß salpetersaure Salze in Pflanzen, welche sie nicht speichern, wie die Lupine und die meisten Holzgewächse, nur in der Wurzel assimiliert werden, entspricht wohl nicht den Tatsachen. Wir können uns sehr gut vorstellen, daß die Menge des wandernden Nitrates so gering ist und seine Verarbeitung so schnell erfolgt, daß wir es eben nicht nachweisen können. Übrigens geben 2 Monate alte Lupinen, die in Gartenerde gezogen wurden, auch im Hypokotyl sehr starke Reaktion. Der Niederschlag von Nitronnitrat ist in den peripheren Teilen am dichtesten (Taf. II, Fig. 10). Die Gefäßbündel sind salpeterfrei, das Mark arm. Beim Übergang in die Kotyledonen hört die Reaktion auf, unterhalb der welkenden Keimblätter zeigt sich mitunter eine Stauung des Nitrates. Die Blattstiele sind nitratführend.[1])

Hingegen fand ich bei *Iris germanica* die Nitratreaktion im Sommer ausschließlich auf die Wurzel beschränkt. Beim Übergang in den Wurzelstock hört die Reaktion plötzlich auf (Taf. II, Fig. 11). Der Wurzelstock und die oberirdischen Teile sind salpeterfrei. Ähnlich verhält sich *Yucca filamentosa*. Nitrate sind nur in der Wurzel und zwar meist bis einige Millimeter unter der Knolle nachweisbar. Bei *Lilium pomponium* geben die Wurzeln starke Reaktion, die Zwiebelschuppen aber nicht. Kartoffelknollen fand ich fast stets nitratfrei, im Gegensatz zu Schimper (32, p. 223), der im äußeren Parenchym Salpeter reichlich fand, ebenso Knollen von *Montbretia* und Zwiebeln von *Amaryllis americana*. Die Knollen von *Canna indica, Dahlia* und *Begonia boliviensis* gaben stets deutliche bis starke Reaktion (vergl. Schimper). In den Zwiebelschuppen von *Hyacinthus*, die nach Schimper nitratfrei sein sollen, ist die Reaktion auf die zentrale, aus großen stärkefreien Zellen gebildete Schichte beschränkt. Bei *Gladiolus* geben die stärkeführenden Knollen keine Reaktion, die stärkefreien aber sehr deutlich. Die ersteren scheinen die älteren zu sein, sie liegen über den stärkefreien und aus ihnen gehen Stengel und Wurzeln hervor.

Ich möchte an dieser Stelle die Verteilung der Salpetersäure in den Luftwurzeln von *Hartwegia comosa* besprechen. Mit Ausnahme der Gefäßbündel erweist sich nur eine ganz schmale kambiale Zone als nitratfrei, während das übrige, meist stark chlorophyllhaltige Gewebe einen dichten Niederschlag gibt. Die Reaktion ist bis in die äußerste Spitze zu verfolgen.

2. Vorkommen im Stengel.

Die Verteilung im Stengel ist eine ziemlich gleichmäßige. In krautigen Pflanzen kann man im allgemeinen eine Abnahme nach oben feststellen (Molisch, 28), was sich an Querschnitten durch verschieden alte Internodien mit Diphenylamin und mit Nitron sehr schön zeigen läßt. Etwaige Schwankungen sind wohl auf Verschiedenheiten im Verbrauch während der Blüten- und Fruchtbildung

[1]) Der Gehalt an Mineralsalzen ist vom Reichtum des Bodens an dem betreffenden Salz und von der Vegetationsperiode abhängig, so daß sich über das Vorkommen von Nitraten nichts allgemein Giltiges aussagen läßt. Nur Untersuchungen, die unter annähernd gleichen Verhältnissen durchgeführt werden, lassen sich miteinander vergleichen. Hier handelt es sich aber bloß darum, die von Frank stammende Behauptung, daß ältere Lupinen nur in den Wurzeln Nitrate nachweisen ließen, zu widerlegen.

zurückzuführen. Die Hauptmenge des Nitrates wird in den parenchymatischen Zellen gespeichert, und zwar kann man meist eine Zunahme von der Peripherie gegen die zentralen Teile beobachten (Taf. II, Fig. 9). Die Gefäßbündel sind nitratfrei, doch gibt der Hadromteil von Pflanzen, die in salpeterreichem Boden gewachsen sind, mit Nitron deutliche Reaktion, der Siebteil nicht. Die kollenchymatischen Zellen sind meist nitratfrei (Taf. II, Fig. 9 u. 12). Folgende Beispiele sollen als Beleg dafür dienen:[1])

Datum	Name	Stengelpartie	NO_3-Gehalt	Anmerkung
23. XI.	*Tradescantia*	Epidermis	viel	
	guianensis	Kollenchym	o	
		Parenchym	überaus stark	oftm. ganze Zellreih.
				bes. NO_3-reich
		Gefäßteil	wenig	haupts. i. d. Tracheen
		Siebteil	o	(Taf. II, Fig. 12)
21. III.	*Hartwegia*	Gefäßbündel	o	
	comosa	alle übrig. Teile	mäßig	Krist. gleichm. um d.
				Chlorophyllkörner
26. IV.	*Begonia mani-*	Gefäßbündel	o	
	cata, Blattstiel	Parenchym	wenig	viel Oxals.! (Taf. I,
	Begonia Rex		wie *B. manicata*	Fig. 2—4)
3. VI.	*Dianthus*,	Mark	sehr reich	
	Blütenstiel	Rindenparench.	„ „	
4. VI.	*Tolmiaea Men-*	Epidermis	„ „	Haare NO_3-reich
	ziesii, Blüten-	Kollenchym	„ „	
	stiel	Rindenparench.	„ „	
		Bastring	o	
		Gefäßteil	etwas	
		Siebteil	o	
		Mark	überaus reich	
	Polygonum	Rindenparench.	sehr reich	Oxalsäure, haupts.
	bistorta	Mark	„ „	in den Knoten!
		Scheide	Spuren	
5. VI.	*Hoya carnosa*	Gefäßbündel	sehr arm	
		alle übrig. Teile	sehr reich	
7. VI.	*Echium vulgare*	Kollenchym	sehr wenig	
		Rindenparench.	„ „	
		Gefäßteil	Spuren	
		Siebteil	o	
		Mark	sehr reich	
8. VI.	*Ballota nigra*,	Epid., Kollench.		
	Stengel	u. Mark	überaus reich	
		Gefäßbündel	etwas	im Holzparenchym
	Blattstiel	E., K. u. M.	überaus reich	u. i. d. Gefäßen
		Gefäßbündel	etwas	mehr a. i. Stengel
		periph. Parench.	wenig	mehr a. i. Gefäßbdl.
12. VI.	*Heracleum*	Kollenchym	sehr wenig	
		Rindenparench.	„ „	
		Gefäßbündel	o	
		Mark	wenig	
	Chaerophyllum	Epidermis	„	Haare s. NO_3-reich
	temulum	Kollenchym	„	
		Rindenparench.	„	
		Gefäßteil	sehr wenig	
		Siebteil	o	
		Mark	sehr reich	

[1]) Als Reagens wurde Nitron angewendet.

Datum	Name	Stengelpartie	NO_3-Gehalt	Anmerkung
12. VI.	*Bryonia dioica* Blattstiel	Epid. u. Kollench.	sehr wenig	(Taf. II, Fig. 9)
		primäre Rinde	wenig	
		Siebteil	o	
		Gefäßteil	Spuren	
		Mark	sehr reich	
13. VI.	„ Stengel		wie i. Blattstiel	
	Impatiens noli tangere	Kollenchym	arm	
		Gefäßbündel	o	
		Parenchym	überaus reich	
	Boehmeria utilis	Kollenchym	reich	
		Rindenparench.	sehr reich	
		Mark	„ „	
		Gefäßbündel	o	
5. VII.	*Splitgerbera biloba*		so dicht. Niederschl., d. d Verteil. n. festzustell. ist.	Haare s. NO_3-reich
22. VII.	*Capsella bursa pastoris*	Siebteil	o	
		alle übrig. Teile	sehr reich	
23. VII.	*Euphorbia cyparissias*	primäre Rinde	wenig	
		Mark	ziemlich reich	
		Gefäßbündel	o	
24. VII.	*Chelidonium majus*	primäre Rinde	arm	
		Gefäßbündel	o	
		alle übrig. Teile	sehr reich	
30. VII.	*Campanula*	Gefäßbündel	o	
		alle übrig. Teile	reichlich	
23. VIII.	*Anthirrhinum majus*	Parenchym	sehr reich	
		Gefäßbündel	o	

Die folgende Tabelle zeigt, daß die Nitrate von manchen krautigen Pflanzen in den peripheren Teilen reichlicher gespeichert werden können als im Mark (Taf. II, Fig. 10):

Datum	Name	Stengelpartie	NO_3-Gehalt	Anmerkung
23. XI.	*Phaseolus multiflorus*	Epidermis	o	
		Gefäßbündel	o	
		Parenchym	überaus reich	gegen d. Peripherie viel reicher
26. I.	*Cucurbita Pepo*, Hypokotyl	Gefäßbündel	o	
		Mark	sehr reich	
		Rindenparench.	bedeut. reicher	
14. XII.	*Lupinus albus*	Gefäßbündel	o	
		Rindenparench.	sehr reich	
		Mark	o od. sehr wenig	imm. bedeut. wen. a. i. Rindenparench. (Taf. II, Fig. 10)

Die meisten der hier angeführten Pflanzen sind typische Nitratpflanzen. Sehr arm an salpetersauren Salzen erweisen sich hingegen *Iris germanica*, *Aspidistra*, *Funckia*, *Amaryllis americana*. *Viola altaica*, *Pelargonium zonale*, *Narcissus poëticus*, *Centaurea cyanus*. *Sedum acre*, *Galium mologo*, *Scrophularia nodosa*, *Linaria vulgaris*, *Fagopyrum sagittatum*, *Digitalis purpurea* u. v. a. In vielen von ihnen läßt sich Nitrat überhaupt nicht nachweisen.

Auch in den meisten Bäumen und Sträuchern findet sich nur sehr wenig oder gar kein Salpeter. Als Ausnahme ist schon lange *Sambucus nigra*

bekannt. Nach Molisch (29) enthalten auch *Fraxinus excelsior*, *Philadelphus coronarius*, *Acer negundo*, *Populus nigra* und *Lonicera* sp. Spuren dieses Salzes. Nach Frank (19, p. 480) führen auch *Vitis* und *Robinia Pseudacacia* Nitrat, ersterer im Blattstiel und in den Hauptrippen, letztere in den Gelenken der Blattstiele. Ich konnte außerdem in den Gelenken der Hauptblattstiele und in den Blättchen von *Caragana* salpetersaure Salze nachweisen. Die Zweige geben mit Diphenylamin infolge der Bildung von Huminssubstanzen keine Reaktion, mit Nitron lassen sich in ihnen Spuren von Nitrat nachweisen. Im Blattstiel von *Aesculus Hippocastanum* kommt gleichfalls Salpeter vor.

Interessant ist die Verteilung der Nitrate in *Tilia platiphylla*. Die Blattstiele erweisen sich, besonders im basalen Teil, als sehr reich. Die Zweige enthalten bedeutend weniger und nahezu vollständig auf die verbreiterten Markstrahlenden beschränkt. Die Reaktion ist besonders an Tangentialschnitten durch den Bast sehr schön wahrzunehmen. Mit Diphenylamin tritt auch bei Anwendung des Reagens von Ellram keine Blaufärbung ein, was jedenfalls auf den Chlorophyllgehalt zurückzuführen ist. Bei *Philadelphus coronarius* findet man das Rindenparenchym sehr nitratreich, während das Mark sehr schwache oder gar keine Reaktion gibt. Bei *Sambucus nigra* hingegen erhält man in allen Teilen mit Ausnahme des Holzes, das nur Spuren aufweist, einen sehr starken Niederschlag (Tafel II, Fig. 14).[1]

3. Verteilung in den Blättern.

In den Blättern lassen sich Nitrate mit Diphenylamin nur in der Nähe der Gefäßbündel nachweisen, in sehr nitratreichen Pflanzen reagiert auch das Mesophyll (Molisch, Frank, Schimper). Im allgemeinen wirkt das Chlorophyll störend, was zu Irrtümern bei der Untersuchung von panaschierten Blättern Anlaß geben kann. Zur Feststellung der Verteilung mittels Nitron sind die Kotyledonen von *Cucurbita Pepo* sehr geeignet. Das Schwammparenchym ist sehr NO_3-reich, die Palisadenzellen geben einen bedeutend schwächeren Niederschlag, die Gefäßbündel sind nitratfrei (Taf. II, Fig. 13). Blätter von *Ardisia*, die man auf einige Tage in eine 1prozentige KNO_3-Lösung stellt, geben dasselbe Resultat. Der Nitratverbrauch ist auf der stärker assimilierenden Blattoberseite wahrscheinlich größer als auf der Unterseite, daher ist im Palisadenparenchym weniger Nitrat nachweisbar.

Wenn man mittels Diphenylamin feststellen will, ob in panaschierten Blättern die grünen oder die gelben Teile nitratreicher sind, hat man zu berücksichtigen, daß die Bläuung infolge der Kontrastwirkung an den gelben Stellen leichter beobachtet wird und daß sich an den grünen außerdem die störende Wirkung des Chlorophylls oft geltend macht, wodurch Mißfärbung eintritt. Um grüne und gelbe Teile miteinander vergleichen zu können, muß man überdies solche von möglichst gleicher anatomischer Beschaffenheit wählen.

Für *Acer Pseudoplatanus* hat Timpe (35) gefunden: „Das panaschierte Blatt färbte sich im Nerven und den angrenzenden, völlig farblosen Gebieten intensiv blau. Schwächer war die Färbung in den gesprenkelten Gebieten, die grünen reagierten sehr schwach (p. 86).“ „Die Menge der Nitrate ist

[1]) Nach Frank (19, p. 479) ist auch das Mark nitratfrei. Er färbt sich nämlich mit Diphenylamin dunkelbraun, wodurch eine Bläuung verdeckt wird.

demnach um so größer, je geringer der Chlorophyllgehalt des Blattes ist (p. 87)." Für *Acer Negundo:* „Abgesehen von dem Hauptnerven, der überall große Mengen aufwies, war das Maximum in der Regel in den farblosen Gebieten. Selten war die Verteilung der Nitrate in den grünen und farblosen Gebieten gleichmäßig, noch seltener waren die weißen Gebiete ärmer an Nitraten (p. 96)."

Ich habe außer *Acer Negundo* noch folgende panaschierten Pflanzen untersucht: *Oplismenus imbecillis, Selaginella, Palangium, Aspidistra elatior, Aeonium, Sambucus nigra, Hedera helix* und *Funckia*, konnte aber zu keinem einheitlichen Resultat gelangen. Nitratarme oder nitratfreie Pflanzen, nämlich *Acer, Aspidistra* und *Funckia*, wurden auf einige Tage in eine stark verdünnte Salpeterlösung gestellt. Bei den meisten Pflanzen ging die Blaufärbung von den durchschnittenen Gefäßbündeln aus, von deren Größe ihre Intensität abhing, so daß man an ein und demselben Blatt bald im grünen, bald im weißen Teile die stärkere Reaktion erhielt. An einem Exemplar von *Acer Negundo,* das verhältnismäßig nitratreich war, konnte ich feststellen, daß ausgewachsene weiße Blätter bald Reaktion gaben, bald nicht. Ebenso verhielten sich Blätter, die zur Hälfte weiß, zur Hälfte grün waren.

Die Prüfung mit Nitron liefert deutlichere Resultate, die im allgemeinen mit den bei Anwendung von Diphenylamin erhaltenen übereinstimmen: Bei *Oplismenus, Selaginella, Aeonium, Hedera helix* und *Funckia*[1]) ist kein Unterschied zwischen den weißen und den grünen Teilen zu beobachten, bei *Palangium* sind die weißen Teile nitratreicher, bei *Aspidistra* und *Sambucus* die grünen. Bei *Acer Negundo* sind alle Fälle möglich. An Querschnitten von *Funckia* läßt sich mit Nitron sehr schön feststellen, daß der Nitratgehalt vom Rande gegen die Mitte zunimmt, was natürlich beim Vergleich verschieden gefärbter Stellen zu berücksichtigen ist.

4. Vorkommen in Blüten und Früchten.

Nach Angabe von Schimper (32, p. 227) fehlen Nitrate in Blütenteilen, speziell in der Korolle, konstant. In den Samenanlagen und im Pollen habe ich niemals Salpeter gefunden, wohl aber in den anderen Teilen, allerdings nur bei sehr nitratreichen Pflanzen:

Tradescantia hypoleuca: Kelch, Korolle, Filamente, Griffel ziemlich nitratreich. Haare NO_3-arm, Fruchtknotenwand gibt sehr selten Reaktion.

Dianthus: Kelch und Korolle sehr schwache Reaktion.

Salvia officinalis: Kelch und Korolle schwache Reaktion.

Chelidonium majus: Kelch, Korolle und Filamente sehr nitratreich.

Anthirrhinum majus: Kelch und Korolle (im basalen Teil) deutliche Reaktion.

Bei *Tradescantia hypoleuca, Chelidonium majus, Capsella bursa pastoris* und *Phaseolus vulgaris* konnte ich den Nitratverbrauch in den Früchten verfolgen. Solange sie wachstumsfähig sind, nimmt der Nitratgehalt zu, während der Reife veringert er sich. In den

[1]) Die Epidermis der grünen Teile besitzt auf der Oberseite keine Spaltöffnungen, auf der Unterseite bedeutend weniger als die der weißen Streifen. Nach Küster, Pathologische Pflanzenanatomie, 1903, p. 45, besteht zwischen Panaschierung und Zahl der Spaltöffnung kein Zusammenhang.

reifen Früchten sind salpetersaure Salze nicht mehr nachweisbar. Bei *Phaseolus* kann man diese Verhältnisse an einer Frucht studieren. Diejenigen Teile der Schale, welche reife Samen umgeben, sind nitratfrei, die Partien, welche junge Samen umhüllen, geben Reaktion. Die innere chlorophyllfreie Schichte des Fruchtfleisches erweist sich als nitratreicher.

Es wird allgemein angenommen, daß die Nitrate in den Blättern zu organischen Stickstoffverbindungen verarbeitet werden und in Form von Aminosäuren in die Früchte wandern, wo sie zu Eiweiß aufgebaut werden. Die hier angeführten Beispiele sprechen dafür, daß die Nitrate mitunter erst in den Früchten assimiliert werden, in die der Stickstoff in anorganischer Form gelangt.[1])

5. Untersuchung von Guttationstropfen auf Nitrate.

Ich habe weiter die bei der Guttation ausgeschiedene Flüssigkeit auf Nitrate geprüft. Die Guttationstropfen wurden direkt untersucht, nur das von *Caladium antiquorum* im Laufe der Nacht ausgeschiedene Wasser, das man leicht in größerer Menge erhalten kann, wurde vorher im Exsikkator eingeengt. Lepeschkin (26, p. 438) hat wohl die abgesonderte Flüssigkeit vieler Pflanzen auf verschiedene organische und anorganische Stoffe geprüft und unter anderem Chloride, Sulfate und Karbonate darin nachgewiesen, über das Vorkommen von Nitraten fehlt jedoch jede Angabe. Das von *Tamarix articulata* Vahl ausgeschiedene Salz enthält nach Marloth (27) Nitrat in größerer Menge; durch Vergleichen mit bekannten $NaNO_3$-Lösungen hat er 17,2 Prozent gefunden. Ich habe die Guttationstropfen folgender Pflanzen auf Nitrate untersucht, die quantitative Bestimmung aber nicht durchgeführt:

Name	mit Diphenylamin	mit Nitron
Zea Mays (Keimling)	sehr starke Blaufärbung	sehr starker Niederschlag
Tropaeolum majus	schwache „	deutlicher „
Splitgerbera biloba	keine „	kein „
Fuchsia sp.	„ „	„ „
Nicotiana silvestris	„ „	„ „
Tradescantia viridis	„ „	„ „
Tolmiaea Menziesii	„ „	„ „
Zea Mays (5 Tage alt)	überaus starke „	sehr starker „
„ „ (7 Wochen alt)	keine „	kein „
Caladium antiquorum	starke „	starker „

[1]) Für *Papaver rhoeas* konnte ich feststellen, daß der Nitratgehalt des Blütenstieles gegen das obere Ende abnimmt, unterhalb der Blüte ist er sehr gering. Während der Fruchtbildung nimmt der Nitratgehalt, bes. im oberen Teile, sehr stark zu und auch der Milchsaft ist ziemlich NO_3-reich. Die Früchte selbst geben keine Reaktion.

Der Milchsaft von *Papaver somniferum* ist nitratfrei, ebenso von *Cichorium intybus, Euphorbia cyparissias* und *Campanula*. Der Milchsaft von *Chelidonium majus* enthält Nitrate, am reichlichsten im Blütenstiel. Die meisten Milchsäfte geben nach Schimper (32, p. 228) und Molisch (30, p. 52) keine Reaktion.

Gerade die Guttationstropfen von typischen Salpeterpflanzen geben keine Reaktion. In Schnitten von *Caladium* kann man wohl ziemlich viel Nitrat nachweisen, doch kommt es hier lange nicht zu einer solchen Anhäufung wie bei *Nicotiana* oder *Tradescantia*. Auch *Tropaeolum* ist nicht sehr nitratreich. Interessant ist, daß im Guttationstropfen der Keimlinge von *Zea Mays* viel Nitrat nachweisbar ist, in dem der älteren Pflanzen aber nicht. Die Erklärung hierfür liegt wohl in dem Umstande, daß die Zellen der Keimlinge noch unvollkommen entwickelt sind und die aufgenommenen Nitrate nicht speichern können.[1]) Das Fehlen der salpetersauren Salze im ausgeschiedenen Wasser bestimmter Pflanzen wird wohl gestatten, die Frage nach der Funktion des Epithems zu beantworten. Ist dieses im Vergleich zu den anderen Blatteilen bedeutend NO_3-reicher, so spielt es eine wesentliche Rolle beim Zurückhalten dieser für die Pflanze so wichtigen Salze.

Absolut frei von Nitrat habe ich in Übereinstimmung mit Schimper die Meristeme, Pollenkörner und Samenanlagen gefunden. So sind z. B. die Wurzelspitzen immer nitratfrei. Sehr schön läßt sich in Stengeln der Verlauf der Reaktion bis knapp unter den Vegetationspunkt verfolgen, während der Vegetationskegel selbst keinen Niederschlag gibt (Taf. II, Fig. 8).

B. Über den Nachweis und das Vorkommen von Nitriten in den Pflanzen.

I. Über den Nachweis von Nitriten.

Im Folgenden soll uns der Nachweis von Nitriten und ihr Vorkommen in der Pflanze beschäftigen. Bisher haben sich nur solche Reaktionen als anwendbar erwiesen, die auf der Bildung von Azofarbstoffen beruhen. Die Fällung von salpetriger Säure als Silbernitrit (mittels Silbernitrat) führt nur bei ziemlich konzentrierten Lösungen zu einem positiven Ergebnis, da das ausgeschiedene Salz in sehr viel Wasser, besonders beim Erwärmen, löslich ist.[2]) Die überaus empfindliche Reaktion mit Jodkaliumstärkekleister (Schönbein) wird von so vielen anderen oxydierenden Substanzen ebenfalls und in gleicher Weise geliefert, so daß sie für botanische Untersuchungen nicht in Betracht kommt. Sehr viele Pflanzensäfte färben Jodkaliumstärkekleister blau, ohne daß Nitrite in ihnen nachzuweisen wären (Schönbein, Molisch). Auf die Untersuchungen von Asō, der die Oxydation in gewissen Fällen auf die Gegenwart von Nitriten zurückführt, kommen wir noch später zurück.

Eine sehr empfindliche Reaktion, die zur Bildung von Bismarckbraun führt, rührt von P. Grieß her.[2]) Nitrite geben, selbst in sehr verdünnten Lösungen, mit Metadiamidobenzol (Metaphenylen-

[1]) Die Pflanzen wurden in Töpfen gezogen. Vielleicht trat in den älteren Kulturen bereits Nitratmangel ein.

[2]) C. R. Fresenius, Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse, 1907, p. 315 ff.

diamin) in überschüssiger verdünnter Schwefelsäure eine charakteristische Gelbfärbung. Die folgende Probe gestattet selbst Spuren von salpetrigsauren Salzen nachzuweisen: Man versetzt die zu untersuchende Flüssigkeit mit einer wässerigen Sulfanilsäurelösung und fügt einige Tropfen Schwefelsäure und wässerige α-Naphtylaminlösung hinzu. Noch bei überaus starker Verdünnung tritt deutliche Rosafärbung ein, die erhalten bleibt; nitritreiche Lösungen geben intensive Rotfärbung, die, unter gleichzeitiger Bildung eines Niederschlages, bald in gelb übergeht (P. Grieß). Bei der Untersuchung von Pflanzensäften ist diese Reaktion nur unter bestimmten Bedingungen, auf die wir noch zurückkommen, eindeutig.

Weitere Reaktionen, deren eingehende Besprechung a. a. O. ich mir vorbehalte, sind im Prinzip von den soeben besprochenen nicht verschieden:

1. Man versetzt die zu prüfende Lösung mit wässeriger Sulfanilsäure und zwei bis drei Tropfen konz. Salzsäure. Auf Zusatz von alkoholischer Diphenylaminlösung färbt sich die Flüssigkeit leuchtend rot. Noch schöner tritt die Reaktion ein, wenn man mit der Diphenylaminlösung sorgfältig überschichtet. Es bildet sich an der Berührungsstelle ein roter Ring, der auch bei sehr starker Verdünnung gut zu sehen ist.

2. Nitrite geben mit alkoholischer α-Naphtylaminlösung und etwas verdünnter Salzsäure eine tiefdunkle Violettfärbung. Bei längerem Stehen von nicht zu stark verdünnten Lösungen fällt ein Niederschlag aus.

Bei allen Untersuchungen auf Nitrite ist darauf zu achten, daß die Laboratoriumsluft, besonders wenn mehrere Gasflammen im Arbeitsraum brennen, fast immer Nitrit enthält.[1]) Ferner muß man bei der Prüfung von Säften, die längere Zeit aufbewahrt werden, jede Infektion sorgfältig vermeiden.

II. Über das Vorkommen von Nitriten in Pflanzen.

In der Literatur finden sich einige Angaben über Beobachtungen, nach welchen das Vorkommen von Nitriten in der lebenden Pflanze erwiesen sein soll. Czapek (14, p. 207, 208) schreibt hierüber:

„Laurent hat wohl zuerst auf die Reduktion von Nitraten durch höhere Pflanzen aufmerksam gemacht, indem er zeigte, daß Keimpflanzen imstande seien, Nitrate zu Nitrit zu reduzieren. Jorissen erhob jedoch Zweifel dagegen und in der Folge wurde diese Reduktion lange Zeit als Werk von Bakterien angesehen.“ Nach Molisch u. a. wirken Nitrite schädigend, daher sah man von der intermediären Nitritbildung in Laubblättern ab. „In letzter Zeit ist jedoch die Frage, ob Nitritbildung durch Nitratreduktion im Pflanzenkörper möglich ist, in ein anderes Stadium getreten, nachdem Godlewski und Polzeniusz an keimenden Samen in steriler Kultur neuerdings die Nitritbildung aus Salpeterlösung im anaëroben Leben feststellten und Nabokich diese Er-

[1]) W. Rullmann, zitiert nach O. Richter, Die Bedeutung der Reinkultur. 1907, p. 19—21.

scheinung für den anaëroben Stoffwechsel steriler Keimlinge mittels der Jodreaktion bestätigen konnte. Sehr wahrscheinlich ist aber auch nach den Befunden von Asō in den Knollen und Knospen von *Sagittaria* Nitrit zugegen, nachdem hier sowohl die Jodstärkereaktion als die Grieß'sche Reaktion positiv ausfallen und Oxydasen anscheinend hierbei nicht in Betracht kommen. Vorkommen von Nitriten wurde übrigens auch von Tjaden Modderman für den Stengelsaft von *Fuchsia* und von Giustiniani für *Urtica* angegeben."

Nach Euler (Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie, III. 1909) ist das Vorkommen von Nitriten in Pflanzen wahrscheinlich:

„Bei wiederholten unter aseptischen Kautelen angestellten Versuchen hat sich ergeben, daß höhere Pflanzen Nitrit aus Nitrat bilden (p. 133)."

Auf diese Angabe stützt sich jedenfalls Baudisch (7, 8) bei seinen Untersuchungen über Nitratassimilation und Eiweißbildung, die sich übrigens in sehr wenig gestützte Hypothesen verlieren, wenn er sagt:

„Da Nitrite in den Pflanzen mit Sicherheit (?) nachgewiesen werden konnten und auch Nitrite ebenso gute Stickstoffnahrung sind wie Nitrate (was nach Treboux [37] nur für alkalische Nährlösungen gilt), so nimmt man intermediär Nitritbildung an (8, p. 521)."[1])

Die Untersuchungen von Laurent (nach Czapek 14, p. 207) und von Godlewski und Polzeniusz (22, p. 252 f.) haben nicht den Zweck, Nitrite in den Pflanzen nachzuweisen, sondern die Reduktion von Nitraten zu Nitriten durch keimende Samen und Knollen darzutun. Diese Überführung erfolgt in steriler Kultur bei Sauerstoffmangel durch intramolekulare Atmung. Bei der Keimung von Erbsensamen in einer $^1/_2$ prozentigen Salpeterlösung konnten Godlewski und Polzeniusz die Bildung von salpetriger Säure in der Lösung feststellen, während sie den durch die Kalilauge nicht absorbierten Anteil des angesammelten Gases, der etwa 5,5 $^0/_0$ — nämlich 6,4 cc von 112,6 — betrug, nicht näher untersuchten. Die Autoren nehmen an, daß dieses Gas Stickstoff sei oder aus Oxyden des Stickstoffes bestehe. Übrigens ist die Frage, ob Erbensamen tatsächlich Salpeter zu reduzieren vermögen, noch nicht endgiltig entschieden; Jodin und Jorissen sprechen sich dagegen aus, während Nabokich die Nitritbildung bestätigt (14, p. 207f.).

Nach Angabe von Czapek soll Giustiniani (21) in *Urtica* salpetrige Säure nachgewiesen haben. Das von ihm benützte Referat zeigt, daß diese Behauptung jeder Grundlage entbehrt. Giustiniani fand, daß der Saft frischer Nesseln, besonders vor der Blüte, bei der Destillation Dämpfe von salpetriger Säure entwickelt. „Mit fortschreitender Vegetation nimmt diese Erscheinung ab und verschwindet in der trockenen Pflanze. Die Entwickelung von salpetriger Säure ist wohl eine Folge gleichzeitiger Gegenwart von Nitraten und von Ameisensäure."

[1]) Wie Molisch (29) gezeigt hat, zerstören höhere Pflanzen Nitrite, die ihnen als Stickstoffnahrung geboten werden, sehr rasch, weshalb sie nur unter den günstigsten Bedingungen nachweisbar sein werden.

Ein anderes Vorkommen von Nitriten hat Tjaden Modderman (36) angegeben. In dem Saft, der aus einem abgeschnittenen Fuchsiastamm austritt, konnte er salpetrige Säure nachweisen. Die in Betracht zu ziehenden Möglichkeiten ihres Entstehens sind: Sie kann aus der Erde stammen, sie kann im Stengel gebildet werden, sie kann sich endlich in der Zeit zwischen Auffangen und Untersuchung in der Flüssigkeit selbst bilden. Die erste Möglichkeit ist außer acht zu lassen, da die Erde sich als nitritfrei erwies, die zweite konnte nicht weiter verfolgt werden und die letzte hält der Autor für unwahrscheinlich.

Ich konnte durch einen überzeugenden Versuch feststellen, daß in dem austretenden Saft Nitrite nachweisbar sind, aber nur durch die Tätigkeit von Bakterien entstehen können. Vier zweijährige Fuchsiastämme wurden 3—4 cm über der Erde abgeschnitten und mittels eines kurzen Kautschukschlauches wurde an jeden Stumpf ein in eine umgebogene Kapillare ausgezogenes Glasrohr angesetzt (Molisch, 31). Die durch den Wurzeldruck ausgepreßte Flüssigkeit wurde in einem Reagensrohr aufgefangen. Die Pflanzen wurden im Kalthaus des Institutes aufgestellt, und zwar zwei im Licht und zwei unter Dunkelstürzen. Je einer dieser Versuche wurde möglichst steril, der andere nicht steril durchgeführt.[1])

Bei dieser Versuchsanstellung waren folgende Ergebnisse zu erwarten:

1. Der nicht sterile Lichtversuch sollte Reduktion zu Nitrit, eventuell noch weiter, zeigen.

2. Der sterile Lichtversuch sollte teilweise Zersetzung des Nitrates durch das Licht erkennen lassen. Bekanntlich hat Baudisch (7) nachgewiesen, daß verdünnte Salpeterlösungen im Licht zum Nitrit reduziert werden.

3. Im nicht sterilen Dunkelversuch war dasselbe Resultat zu erwarten wie im entsprechenden Lichtversuch, jedoch in schwächerem Maße.

4. Im sterilen Dunkelversuch mußte die Flüssigkeit unverändert bleiben, es durften also nur Nitrate nachweisbar sein.

[1]) Die steril durchgeführten Versuche wurden folgendermaßen angestellt: Die am kapillaren Ende zugeschmolzenen Glasröhren wurden mit dem Kautschukschlauch verbunden, dieser mit einem Wattepfropf versehen, worauf sie in den Dampfsterilisator kamen. Gleichzeitig wurden Proberöhren sterilisiert, die mit einem gut anliegenden durchbohrten Kork — die Bohrung wurde mit Watte ausgefüllt — versehen waren. Die Pflanzen wurden einige Zentimeter über der Erde geköpft, nachdem sie dort mit einer schwachen Sublimatlösung gewaschen worden waren. Die Schnittfläche wurde mit einem sterilisierten Skalpell hergestellt. Der aus dem Schlauch hervorragende Teil der Watte wurde abgeschnitten und der Rest beim Aufsetzen des Rohres in den Schlauch hineingestoßen. Die Ränder des Schlauches wurden mit venetianischem Lack überstrichen. Hierauf wurde die Kapillare abgeflammt, die Watte aus dem Kork entfernt und das Ende der Kapillare beim Einführen in die Bohrung abgebrochen. Auch hier wurde mit Lack abgeschlossen. Gleich nach Zerlegung der Versuche wurden einige Tropfen auf Pepton-Gelatine geimpft. Es kamen nur eine Penicillium- und eine Bakterienkolonie auf. Für die Anleitung bei diesen Versuchen möchte ich Herrn Assistenten Gicklhorn meinen besten Dank ausdrücken.

Die in 1. gewonnene Flüssigkeitsmenge war so gering, daß sie nicht untersucht werden konnte. Im zweiten Fall waren nur Nitrate (mit Diphenylamin und mit Nitron) nachweisbar. Jedenfalls war die Zeit — 5 Tage — zu kurz und die Belichtung zu gering, als daß Nitritbildung hätte erfolgen können. Die im nicht sterilen Dunkelversuch gewonnene Flüssigkeit gab zur selben Zeit mit Diphenylamin und mit Nitron sehr deutliche Reaktion (Nitrat oder Nitrit), die Untersuchung auf Nitrite gab ein sehr deutliches positives Resultat (nach Grieß und nach Lunge), mit Nessler's Reagens einen rötlichen Niederschlag.[1]) In der Flüssigkeit des letzten Versuches wurden tatsächlich nur Nitrate gefunden. Er wurde nach dem Öffnen der Proberöhre ins Licht gestellt, so daß er dem nicht sterilen Lichtversuch entsprach. Nach einigen Tagen konnte das Verschwinden von Nitrat und Nitrit konstatiert werden, mit Nessler'schem Reagens trat sehr starke Fällung ein, so daß die Nitratreduktion beendet war.

Daß die Versuche 2 und 4 für unsere Zwecke ausreichend steril, d. h. frei von nitritbildenden Bakterien waren, geht auch daraus hervor, daß in der Flüssigkeit keine Nitrite nachgewiesen werden konnten.

Ein gewöhnlicher, nicht steriler Wurzeldruckversuch wurde mit einem Exemplar von *Boehmeria utilis*, einer gleich *Fuchsia* sehr nitratreichen Pflanze, angestellt. Die ersten austretenden Tropfen lieferten sehr starke Nitratreaktionen, Nitrite waren nicht nachweisbar, traten aber schon nach 6—7 Stunden auf. Am nächsten Tag war bereits so viel salpetrige Säure vorhanden, daß die Reaktionen (Grieß und Lunge) sehr intensiv eintraten. Nach weiteren zwei Tagen waren auch die Nitrite verschwunden, dagegen war die Reaktion mit Nessler's Reagens bedeutend stärker geworden.

Diese Versuche und die Tatsache, daß ein aus Blättern und Stengeln von *Fuchsia* hergestellter Preßsaft nitritfrei ist, beweisen, daß die salpetrige Säure nicht in der Pflanze selbst vorkommt, sondern erst außerhalb durch Bakterien gebildet wird.

Was nun die von Asō (4, 5, 6) untersuchten Pflanzen anlangt, so waren diese: *Sagittaria*, *Pisum* und *Solanum tuberosum*. Die Fehlerquellen sind bei der Untersuchung auf Nitrite so zahlreich und Asō hat leider so wenige ausgeschaltet, daß es sich als notwendig erwies, nahezu alle seine Angaben nachzuprüfen.

Versuche mit *Sagittaria sagittifolia*.

Nach Asō (4, 5, 6) sollen im Preßsaft der Knollen und Knospen (gemeint sind Blattknospen „the buds of the *Sagittaria* bulb") Nitrite nachweisbar sein. Der ausgepreßte Saft reagiert mit Jodkaliumstärkekleister, was allgemein auf die Gegenwart von Oxydasen zurückgeführt wird. Man kann aber auch, unter Außerachtlassung gewisser Vorsichtsmaßregeln, die Grieß'sche Reaktion erhalten, woraus Asō auf das Vorhandensein von Nitriten schloß.

---

[1]) Auch organische Stickstoffverbindungen liefern diese Reaktion.

Bach und Chodat (zitiert nach Asō, 6) nehmen wieder an, daß es sich nur um Oxydasen handle, und Asō hat auf Grund ihrer Untersuchungen, deren Ergebnisse er bestätigen mußte, seine Ansicht folgendermaßen eingeschränkt: Die Sprosse von *Sagittaria* enthalten Nitrite. In der Knolle wird die Bläuung des Jodkaliumstärkekleisters von Oxydasen hervorgerufen; ausgenommen hiervon ist die Schale, in welcher salpetrige Säure vorkommt.

Ein orientierender Versuch von mir hatte folgendes Resultat: Schnitte durch die Knolle gaben mit Diphenylamin, Nitron, Metadiamidobenzol und Sulfanilsäure-α-Naphtylamin keine Reaktion. In allen Fällen zeigt sich eine mehr weniger weitgehende Rotfärbung, die zumindest immer in der Epidermis auftritt. Man kann sie auch bei Anwendung von Säuren allein erzielen, von deren Stärke und Konzentration ihre Intensität abhängt. Der Preßsaft wird mit Sulfanilsäure, Essigsäure und α-Naphtylamin deutliche rosa.

Asō stellte seine Versuche so an, daß er Knollen zerrieb, mit heißem Wasser auszog und nach dem Filtrieren auf Nitrite prüfte. Die Reaktion fiel, auch wenn vorher mit Bleiazetat gefällt wurde, positiv aus und ein Vergleich mit Kontrollproben ergab eine Nitritkonzentration von 1 : 100000.

Wie ich mich durch eingehende Untersuchungen überzeugt habe, wird die Rosafärbung nicht durch salpetrigsaure Salze, sondern durch Anthokyan und seine Muttersubstanzen bedingt.[1]) Die Stärke der Reaktion ist also von dem Gehalt der Knollen an diesen Stoffen abhängig und von dem Umstand, ob zur Extraktion kaltes oder warmes Wasser verwendet wird; im ersten Fall ist sie natürlich schwächer. Hierzu kommt noch, daß die käuflichen Bleisalze immer die Grieß'sche Reaktion geben. Asō hat die meisten Untersuchungen an Bleiazetatfällungen angestellt und es war ihm daher möglich, Nitrite nachzuweisen. Diese waren jedoch nicht im Preßsaft, sondern im Bleiazetat vorhanden.[2])

Zum Nachweis von Nitriten hat Asō auch Jodkaliumstärkekleister verwendet. Viele Pflanzensäfte geben mit diesem Reagens Blaufärbung, verlieren aber beim Erhitzen diese Fähigkeit. Nach Asō sind die Aminoverbindungen und der Säuregehalt die Ursache dieser Erscheinung, was er durch folgenden Versuch beweisen will. Gleiche Mengen einer 0,001 prozentigen KNO_2-Lösung und einer 1 prozentigen Asparaginlösung werden gemischt und in drei Teile geteilt. Der erste wird mit einem Tropfen nitritfreier Lauge alkalisch gemacht, der zweite mit Essigsäure angesäuert, der dritte bleibt neutral. Nachdem man einige Minuten erhitzt hat, gibt die saure Lösung keine Reaktion auf Nitrite. Tatsache ist, daß Aminosäuren durch salpetrige Säure unter Freiwerden von Stickstoff in Oxysäuren übergeführt werden, zu diesem Versuch genügt

[1]) Die Schale der Sagittariaknolle ist blaugrün bis blau gefärbt und wird beim Einlegen in Säure intensiv rot.

[2]) Eine nitritfreie Bleiazetatlösung stellt man durch Auflösen von Blei in Essigsäure her.

aber das Kochen mit Essigsäure allein. Sowohl die Grieß'sche als auch die Jodkaliumstärkekleisterreaktion fallen negativ aus, die Aminoverbindung ist also überflüssig. Damit will ich aber nicht sagen, daß sie beim Erhitzen eines Pflanzensaftes keine Rolle spielt, sondern nur ausdrücken, daß sich durch den Versuch von Asō nicht entscheiden läßt, ob ein Zusammenwirken von Säure und Aminoverbindung zur Zersetzung des Nitrits notwendig ist. Beim Kochen in alkalischer Lösung müssen die Nitrite erhalten bleiben. Asō findet nun, daß ein angesäuerter Preßsaft von Sagittariasprossen die Reaktion von Grieß schwächer gibt als ein alkalischer. Ich kann diese Beobachtung nicht bestätigen und werde noch auf sie zu sprechen kommen.

Was das Vorkommen von Nitriten in den Knollen anbelangt, so sollen sie sich in der Schale finden. Nach früheren Untersuchungen wollte Asō (4, 5) sie in der ganzen Knolle nachgewiesen haben.

Folgender Versuch zeigt, daß weder das parenchymatische Grundgewebe noch die Schale salpetrige Säure enthält. Ein aus geschälten Knollen hergestellter Preßsaft gab deutliche Rosafärbung. Die eine Hälfte wurde mit Bleiazetat gefällt, die andere zu gleichen Teilen bei neutraler, alkalischer und saurer Reaktion gekocht. Der alkalische Teil gab dann keine Färbung mehr. Das Filtrat der Bleiazetatfällung wurde ebenso behandelt.[1]) Infolge des geringen Anthokyangehaltes werden die Unterschiede hier noch deutlicher, denn es genügt ganz kurzes Kochen mit Lauge, um das Eintreten der Reaktion zu verhindern. Wenn zu viel KOH genommen wird, kann die schwache Gelbfärbung, die beim Aufkochen entsteht, Spuren einer Reaktion vortäuschen. Der aus der Schale hergestellte Preßsaft verhielt sich genau so, nur war die Rosafärbung etwas stärker.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Prüfung der Sprosse auf Nitrite. Die überaus schwache Reaktion, welche ein Preßsaft mit Sulfanilsäure-α-Naphtylamin gibt, ist auf die Gegenwart von Anthokyan zurückzuführen, die stärkere Reaktion, welche nach Fällung des Saftes mit basischem Bleiazetat eintritt, auf die Verunreinigung des käuflichen Salzes.

Bei Behandlung von Quer- und Längsschnitten mit Diphenylamin kann man eine sehr schwache auf das Scheidenblatt beschränkte Blaufärbung konstatieren. Der Nitratgehalt ist so gering, daß mit Nitron keine Reaktion eintritt. Führt man die Schnitte durch Sulfanilsäure, 2 n H_2SO_4 und α-Naphtylamin, so kann man zwar eine deutliche Rosafärbung sehen, die sich nur auf die Epidermis und die äußerste Hülle erstreckt, die aber schon durch 2 n H_2SO_4 allein hervorgerufen wird.

Einige Sprosse wurden nach dem Zerreiben mit heißem Wasser ausgezogen. Das Filtrat gab schwache Rosafärbung, die auf Zusatz

---

[1]) Die Fällung mit konzentriertem Bleiazetat ist eine vollständige. Es ist aber zweckmäßig, eine verdünnte Lösung anzuwenden, so daß etwas Anthokyan zurückbleibt.

von KOH in grüngelb umschlug und nach Hinzufügen von Säure wieder hervortrat. Mit Metadiamidobenzol trat keine Reaktion ein, ebenso wenig mit Diphenylamin, was für einen überaus geringen Nitratgehalt spricht. Geschälte Sprosse verhalten sich ebenso. Der aus der Schale gewonnene Preßsaft, der die gleichen Reaktionen gibt, wurde mit einer sehr verdünnten $NaNO_2$-Lösung und mit einer wässerigen Anthokyanlösung aus Blättern von *Tradescantia zebrina* verglichen. Die Farbe, welche die $NaNO_2$-Lösung gab, entsprach an Stärke der Färbung, die der Preßsaft lieferte. Mit KOH versetzt, ging sie in ein schwaches Gelb mit sehr deutlichem Stich ins Orange über, die Anthokyanlösung gab bei gleicher Behandlung grüngelbe Färbung. Mit der letzteren stimmte der Preßsaft ganz genau überein. Mitunter auftretende Differenzen, wie schwache Grünfärbung in alkalischer, Farblosigkeit in saurer Lösung, sind wohl auf Schwankungen im Gehalt an Anthokyan und dessen Muttersubstanzen zurückzuführen. Daß Gerbstoffe in den Sprossen enthalten sind, kann man an Schnitten feststellen, die man in Eisenchloridlösung legt; es tritt nicht sehr starke, aber nahezu über die ganzen Schnitte verteilte Reaktion ein. In einem Falle konnte ich an einem angeschnittenen Sproß, der an der Luft liegen blieb, starke Rotfärbung wahrnehmen. Die mit dem Preßsaft angestellten Proben fallen durchweg negativ aus, wenn er vorher mit nitritfreiem Bleiazetat gefällt wurde.

Ein aus Sprossen hergestellter Preßsaft wurde bei neutraler, alkalischer und saurer Lösung erhitzt. Er gab vor und nach der Fällung mit Bleiazetat die gleichen Resultate wie der Saft aus den Knollen.

Alle diese Untersuchungen zeigen, daß Nitrite in den Knollen und Sprossen von *Sagittaria sagittifolia* nicht vorkommen. Wären Nitrite vorhanden, so müßte die Reaktion nach dem Kochen mit Lauge erhalten bleiben, nach dem Erhitzen mit Säure zerstört werden. Es ist aber das Gegenteil der Fall, ein Beweis, daß es sich hier um Anthokyan und Gerbstoffe handelt.

Versuche mit Erbsen.

Auch die von Asō (6, p. 323) mitgeteilten Ergebnisse seiner mit Erbsen angestellten Versuche kann ich nicht bestätigen. Er hat Preßsäfte von Wurzeln, Wurzelknöllchen, den weißen Stengelteilen und den grünen mit negativem Resultat auf Nitrite geprüft. Versetzt er aber den aus den weißen Teilen hergestellten Saft mit Bleiazetat, so kann er nach der Filtration Nitrite nachweisen, während der aus den grünen Partien hergestellte Extrakt auch dann keine Reaktion gibt. Ich habe auch den Wurzelpreßsaft untersucht und bin zu folgenden immer gleichen Resultaten gelangt: Vor der Fällung treten die Reaktionen niemals ein, nach der Fällung nur bei Anwendung von käuflichem Bleiazetat. Dann aber treten die Färbungen in sämtlichen Preßsäften gleichmäßig auf. Nach Fällung mit selbst hergestelltem nitritfreiem Bleiazetat kann man niemals Rosafärbung erzielen, so daß von einem Vorkommen

von Nitriten in dem weißen unterirdischen Stengelteil der Erbse nicht die Rede sein kann. Den Wurzelpreßsaft darf Asō nicht zum Vergleich heranziehen, da er ihn nur ohne Behandlung mit Bleiazetat untersucht hat, die Angabe, daß der Saft des oberirdischen Teiles nach der Fällung keine Reaktion zeige, wird auf einem Beobachtungsfehler beruhen, denn bei dem geringen Nitritgehalt, den manche Bleipräparate aufweisen, kann die Färbung oft erst nach einigen Stunden eintreten.

Versuche mit Kartoffeln.

Ein weiteres Vorkommen von Nitriten gibt Asō (6) für die im Dunkeln gezogenen Triebe von Kartoffeln an. Die Richtigkeit dieser Beobachtung konnte ich bestätigen. Dieses Beispiel steht unter den höheren Pflanzen vielleicht vereinzelt da.

Ein aus etiolierten Trieben hergestellter Preßsaft gibt sowohl die Grieß'sche Reaktion als auch sehr deutliche Rosafärbung mit Sulfanilsäure-Diphenylamin. Eine größere Anzahl Triebe wurde, unter Zusatz von Toluol, mit wenig destilliertem Wasser zerrieben und ausgepreßt. Die so gewonnene Flüssigkeit wurde in vier Teile geteilt und 1. durch ein mehrfaches Papierfilter, 2. durch eine Chamberland-Kerze filtriert, 3. mit Bleiazetat, 4. mit der doppelten Menge 96 %igen Alkohols gefällt und filtriert. Sämtliche Proben gaben Reaktionen auf Nitrite, die erste etwas schwächer, da die Flüssigkeit nicht ganz klar war. Auch der mit Wasser aufgenommene Rückstand der Alkoholfällung enthielt Nitrite, was ja leicht erklärlich ist, da salpetrigsaure Salze auf viel Zusatz von starkem Alkohol, besonders in Gegenwart von kolloïdaler Substanz, teilweise ausfallen. Nun wurde jede Probe in neutraler, alkalischer und saurer Reaktion aufgekocht und neuerdings geprüft. In der sauren Lösung wurde keine Färbung erhalten. Schnitte von den Trieben färbten sich intensiv blau. Diese Kartoffeln hatten in Gartenerde gekeimt. Ich untersuchte nun Sprosse, welchen, da sie im Keller bez. im Warmhaus getrieben hatten, keine Nährsalze von außen zugeführt worden waren. Die Prüfung wurde in der gleichen Weise angestellt und ergab das gleiche Resultat. Die Knollen gaben mit Diphenylamin-Schwefelsäure keine Reaktion, die Untersuchung des Preßsaftes auf Nitrite hatte aber ein positives Ergebnis. Um die Frage nach dem Ursprung der Nitrite weiter zu verfolgen, prüfte ich den Preßsaft von Kartoffeln, die äußerlich noch keine Zeichen einer Keimung zeigten. Auch hier war salpetrige Säure nachweisbar.[1]) Die Knollen befanden sich schon fast am Ende ihrer Ruheperiode, es ist daher möglich, daß chemische Prozesse, die der Keimung vorangehen, bereits erfolgt sind. Um zu entscheiden, ob die Nitrite erst bei der Keimung entstehen oder bereits vorhanden sind, ist es notwendig, die Knollen in verschiedenen Stadien zu prüfen, wobei man mit eben gebildeten zu beginnen hat. Diese Untersuchung gedenke ich im nächsten Sommer durchzuführen.

[1]) Wenn man Schale und Parenchym getrennt untersucht, kann man keine Unterschiede feststellen.

Auch ein im Dunkeln steril hergestellter Preßsaft gab ebenso deutliche Reaktion auf Nitrite. Da in sämtlichen Fällen auch schon die ersten Tropfen des filtrierten Saftes Nitrite enthielten, ist wohl kaum anzunehmen, daß sie post mortem entstanden sein sollen.

Untersuchung von *Erythrina coralloides.*

In den bisher besprochenen Fällen handelt es sich ausschließlich um Versuche, Nitrite in unterirdischen Organen und jungen Trieben nachzuweisen. Über das Vorkommen von salpetriger Säure in Blättern existiert meines Wissens nur eine einzige Angabe. Weehuizen (39) will sie auf folgende Weise in *Erythrina* nachgewiesen haben:

„Wenn die Blätter gequetscht und feuchtes Jodkalium-Stärkepapier in die Nähe gebracht wurde, so färbte das Papier sich blau, und wenn das Papier mit einer Sulfanilsäurelösung und verdünnter Schwefelsäure getränkt wurde, so blieb es unverändert, zeigte jedoch nach dem Betupfen mit alkoholischer α-Naphtylaminlösung eine karminrote Färbung. Wenn die Blätter zuvor in kochendem Wasser getötet wurden, so zeigten sie diese Reaktionen nicht. Verfasser brachte auch 100 gr frischgepflückte Blätter in Kolben und stellte diese nach einer halben Stunde in Wasser von 100° C. Die entweichende Luft ergab obenerwähnte Reaktionen . . .“

„Nach der Meinung Verfassers wird die Säure durch Enzymspaltung eines Glykosides gebildet.“

Der aus Blättern sowie der aus Blattstielen und Stengeln von *Erythrina coralloides* hergestellte Preßsaft gibt, wie ich feststellen konnte, vor und nach der Fällung mit nitritfreiem Bleiazetat tatsächlich sofort sehr deutliche Nitritreaktion. Nähert man aber den gequetschten Blättern die feuchten Reagenspapiere, so gelingt es nicht, auf diese Weise salpetrige Säure nachzuweisen. Die übrigen von Weehuizen angestellten Versuche konnte ich wegen Mangels an Material nicht durchführen, doch spricht das sofortige Eintreten der Reaktion im steril hergestellten Preßsaft — der ganze Versuch dauert übrigens nur einige Minuten — dafür, daß die Nitrite wohl an und für sich in der Pflanze vorkommen und nicht erst in den abgeschnittenen Blättern entstehen.

Untersuchung von Wurzelknöllchen.

In Schnitten von Wurzeln von *Phaseolus multiflorus* erhielt ich mit Nitron einen ziemlich starken Niederschlag. Schnitte durch Wurzelknöllchen gaben bedeutend stärkere Reaktion. Ein aus den Knöllchen hergestellter Preßsaft gab die Grieß'sche Reaktion sehr deutlich.[1]) Wenn ich den Saft von Zeit zu Zeit untersuchte, konnte ich beobachten, daß die Färbung immer stärker wurde. Ein aus harten, frischen Knöllchen gewonnener Preßsaft verhielt sich genau

[1]) Unter den Knöllchen befanden sich auch solche, die schon zum Teil entleert und zerfallen waren.

so, d. h. er gab schon nach viertelstündigem Stehen viel stärkere Färbung. Die Reaktion des Saftes von alten, teilweise zerfallenen Knöllchen änderte sich aber nicht, ein Beweis, daß das Auftreten von Nitriten auf die vorhandenen virulenten Bakterien und nicht auf eine Infektion aus der Luft zurückzuführen ist. Daß es sich tatsächlich um Nitrite handelt, ergibt sich auch daraus, daß die Färbung nach Zusatz von Harnstofflösung — salpetrigsaure Salze werden durch Harnstoff zersetzt — bedeutend schwächer eintritt. Der Preßsaft von Phaseoluswurzeln gibt keine Reaktion auf Nitrite.

Mit demselben Erfolg wurden auch die Wurzelknöllchen von *Cytisus sp.*, *Swainsonia Badelli* und *Medicago sp.* untersucht.

Diese Beobachtungen sind eine Stütze der von Czapek (13, p. 644 ff.) aufgestellten Hypothese, nach welcher man die Bindung von Luftstickstoff durch Bakterien als den der Nitritspaltung entgegengesetzten Vorgang aufzufassen hat, entsprechend der Gleichung: $NH_4NO_2 \rightleftarrows N_2 + 2H_2O +$ Energie, wobei die Energiezufuhr jedenfalls durch die grüne Pflanze erfolgt, welche die Kohlehydrate liefert.

Zum Schlusse erübrigt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Hans Molisch meinen aufrichtigen Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und die mannigfache Unterstützung. Herrn Prof. Dr. Richter und Herrn Assistenten Dr. Vouk muß ich für das rege Interesse gleichfalls meinen besten Dank ausdrücken.

Zusammenfassung.

Die wichtigeren Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind:

1. Die in der Chemie zur quantitativen Bestimmung der Salpetersäure angewendete Reaktion von Busch mit „Nitron“, die bereits in der Mineralogie zum mikrochemischen Nachweis von Nitraten dient, wurde auf ihre Brauchbarkeit für botanische Untersuchungen geprüft und als sehr geeignet zur lokalisierten Fällung von Salpetersäure erkannt. Alle anderen Niederschlagsreaktionen auf Nitrate haben sich als unzweckmäßig erwiesen.

2. Salpetersaure Salze kommen, wie schon Molisch gezeigt hat, vorwiegend in krautigen Pflanzen vor. Mit der Nitronreaktion wurden auch in *Tilia*, wo die Diphenylaminreaktion trotz Vorbehandlung der Schnitte mit dem Reagens von Ellram versagte, Nitrate nachgewiesen.

Die Angaben von Kny über den Ort der Nährstoffaufnahme durch die Wurzel werden mit Hilfe dieser Reaktion überprüft und bestätigt.

Über die Verteilung der Nitrate in den Stengeln und Blättern konnte ein genaueres Bild gewonnen werden als bisher. Es wurde ferner der Salpeterverbrauch in den Früchten einiger Pflanzen genauer verfolgt und außerdem auch festgestellt, daß in der Guttations-

flüssigkeit der typischen Nitratpflanzen Salpeter fehlt, während er in dem ausgeschiedenen Wasser von anderen und von Keimlingen vorkommt.

3. Zum Nachweis von Nitriten wurde außer der Grieß'schen Reaktion (Sulfanilsäure-α-Naphtylamin) auch Sulfanilsäure-Diphenylamin angewendet.

Bezüglich des Vorkommens von Nitriten in Pflanzen wurde festgestellt:

Sie kommen in der durch den Wurzeldruck ausgeschiedenen Flüssigkeit von *Fuchsia* nicht vor, sondern entstehen erst durch die Tätigkeit von Bakterien und Pilzen.

In den Knollen und Sprossen von *Sagittaria sagittifolia* und im unterirdischen, weißen Stengenteil von *Pisum* sind sie gleichfalls nicht nachweisbar. Der Eintritt der Reaktion ist auf die Gegenwart von Anthokyan und Gerbstoffen im Preßsaft, bez. auf Verunreinigung des zur Fällung angewendeten Bleisalzes zurückzuführen.

Im Preßsaft von etiolierten Kartoffeltrieben hat Asō Nitrite nachgewiesen, was bestätigt werden konnte. Es wurde in der vorliegenden Arbeit gezeigt, daß sie auch dann zu finden sind, wenn die Sprosse sich ohne Zufuhr von Nährsalzen entwickelt haben. Im Preßsaft der Knollen sind Nitrite selbst dann nachweisbar, wenn diese äußerlich keine Keimung zeigen. Auch im Preßsaft von Erythrina-Blättern finden sich Nitrite.

Nitrite wurden ferner in den Wurzelknöllchen einiger Leguminosen gefunden, in besonders reichem Maße bei *Phaseolus multiflorus*.

Literaturverzeichnis.

1. Acqua, C., Ricerche sul luogo di utilisazione dell' azoto dei nitrati nel corpo delle piante. (Rendic. Accad. Lincei. XIX. 1910, 5. I. Sem. p. 339—349 Ref.: Bot. Zentralbl. 1911. II. p. 455.)
2. Arnaud, A., Recherches sur la cinchonamine. nouvel alcaloide des quinquinas. (Ann. de chim. et de phys. T. XIX. 1890. p. 93—131.)
3. — u. Padé, L., Recherche chimique de l'acide nitrique, des nitrates dans les tissus végétaux. (Compt. rend. T. 98. 1884. p. 1488—1490.)
4. Asō, K., On the Chemical Nature of the Oxidases. (Bull. Argic. Coll., Tokyo Imp. Univ. Vol. V. p. 481—489.)
5. — Which compound in certain plant-juices can liberate iodine from potassium iodid? (Beih. z. Bot. Zentralbl. Bd. XV. 1903. p. 208—214.)
6. — On the Nature of Oxidases. (Ebenda. Bd. XVIII. 1905. p. 319—326.)
7. Baudisch, O., Über Nitrat- und Nitrit-Assimilation. [I. Lichtchemische Mitteilung.] (Ber. Dtsch. chem. Ges. Jg. 44. 1911. p. 1009—1013.)
8. — Über Nitrat- und Nitritassimilation und über eine neue Hypothese der Bildung von Vorstufen der Eiweißkörper in den Pflanzen. (Zentralbl. f. Bakt. Abt. II. Bd. 32. 1912. p. 520—540.)

9. Behrens, H., Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Verbindungen. H. 3. 1896.
10. — Anleitung zur mikrochemischen Analyse. Hamburg u. Leipzig 1899.
11. Brauns, R., Eine mikrochemische Reaktion auf Salpetersäure. (Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikrosk. Bd. XIII. 1896. p. 207.)
12. Busch, M., Gravimetrische Bestimmung der Salpetersäure. (Ber. Dtsch. chem. Ges. Jg. 38. p. 861—866. Ref.: Chem. Zentralbl. Jg. 76. 1905. I. p. 900 f.)
13. Czapek, F., Der Stickstoff im Stoffwechsel der Pflanze. (Ergebn. d. Physiol. Jg. 2. 1903. p. 639—672.)
14. — Biochemie der Pflanzen. 1905. Bd. 2.
15. Ellram, W., Über mikrochemischen Nachweis von Nitraten in Pflanzen. (Sitzungsber. d. Naturf. Ges. b. d. Univ. Jurjeff (Dorpat). Bd. XI. 1895. p. 105—116.)
16. — Ein Beitrag zur Histochemie verholzter Membranen. (Ebenda. p. 117—121.)
17. Emich, F., Lehrbuch der Mikrochemie. Wiesbaden 1911.
18. Fluri, M., Der Einfluß von Aluminiumsalzen auf das Protoplasma. (Flora. Bd. 99. 1909.)
19. Frank, A. B., Über Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in der Pflanze. (Ber. Dtsch. bot. Ges. Bd. V. 1887. p. 472—487.)
20. — Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze mit Stickstoff und über den Kreislauf derselben in der Landwirtschaft. Berlin 1888.
21. Giustiniani, E., Über einige Bestandteile der Nesseln. (Gaz. chim. ital. 26. 1—7. Ref.: Chem. Zentralbl. 1896. I. p. 930.)
22. Godlewski, E. und Polzeniusz, F., Über die intramolekulare Atmung von in Wasser gebrachten Samen und über die dabei stattfindende Alkoholbildung. (Extr. d. Bull. de l'Acad. d. Scienc. de Cracovie. 1901. p. 227—276.)
23. Gutbier, A., Die gewichtsanalytische Bestimmung der Salpetersäure mittels „Nitron" nach M. Busch. (Zeitschr. f. angew. Chem. 18. p. 494—499. Ref.: Chem. Zentralbl. Jg. 76. 1905. I. p. 1274.)
24. Houtermans, E., Über angebliche Beziehungen zwischen der Salpetersäureassimilation und der Manganabscheidung in der Pflanze. (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien. Mathem.-naturw. Kl. Bd. CXXI. Abt. I. 1912.)
25. Kny, L., Über den Ort der Nährstoff-Aufnahme durch die Wurzel. (Ber. Dtsch. bot. Ges. Bd. XVI. 1898. p. 216—236.)
26. Lepeschkin, W. W., Zur Kenntnis des Mechanismus der aktiven Wasserausscheidung der Pflanzen. (Beih. z. Bot. Zentralbl. Bd. XIX. 1906. p. 409—452.)
27. Marloth, R., Zur Bedeutung der Salz abscheidenden Drüsen der Tamariscineen. (Ber. Dtsch. bot. Ges. Bd. V. 1887. p. 319—324.)
28. Molisch, H., Über den mikrochemischen Nachweis von Nitraten und Nitriten in der Pflanze mittelst Diphenylamin oder Brucin. (Ber. Dtsch. bot. Ges. Bd. I. 1883. p. 150—155.)
29. — Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen und der Pflanze. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1887.)
30. — Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena 1901.

31. Molisch, H., Das Hervorspringen von Wassertropfen aus der Blattspitze von *Colocasia nymphaefolia* Kth. (*Caladium nymphaefolia* Hort.) (Ber. Dtsch. bot. Ges. Bd. XXI. 1903. p. 381—390.)
32. Schimper, A. F. W., Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. (Flora. 1890. p. 207—261.)
33. Schmidt, J., u. Lumpp, H., Über eine neue, sehr empfindliche Farbenreaktion zum Nachweis von Salpetersäure und Nitraten. (Ber. Dtsch. chem. Ges. Jg. 43. 1910. p. 794—797.)
34. Schroeder van der Kolk, J. L. C., Eine Bemerkung zu der Mitteilung von R. Brauns „Eine mikrochemische Reaktion auf Salpetersäure." (N. Jahrb. f. Mineral. Jg. 1897. Bd. I. p. 219.)
35. Timpe, H., Beiträge zur Kenntnis der Panaschierung. Diss. Erlangen 1900.
36. Tjaden Modderman, R. S., Kommen Nitrite normal in Pflanzen vor? (Maandbl. vor natuurwetensch., 14. 91—97. Ref.: Chem. Zentralbl. 1888. I. p. 377.)
37. Treboux, O., Zur Stickstoffernährung der grünen Pflanze. Vorl. Mitt. (Ber. Dtsch. bot. Ges. Bd. XXII. 1904. p. 570—572.)
38. Visser, H. L., „Nitron" als mikrochemisches Reagens. (Chemisch Weekblad, 3. 743—746. Ref.: Chem. Zentralbl. Jg. 1907. I. p. 302.)
39. Weehuizen, F., Over Salpetrigzuur in *Erythrina* L. (Salpetrige Säure in *Erythrina* L.) (Pharm. Weekbl. 1908. p. 1229—1232. Ref.: Bot. Zentralbl. Jg. 30. 1909. II. p. 46 f.)
40. Zimmermann, A., Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Cinchonaminnitrat. Vergr. 332.

Fig. 2. *Begonia manicata*, Stengel quer, Grundgewebszellen. Bildung von Nitronoxalat. Die Nitratkristalle sind nicht gezeichnet. Vergr. 180.

Fig. 3. Das gleiche in einem späteren Stadium. Vergr. 180.

Fig. 4. *Begonia manicata*, älteres Präparat mit Kristallen von Nitronnitrat. Die Oxalatkristalle sind bereits aufgelöst. Vergr. 180.

Fig. 5. Nitronnitrat (photogr. von Dr. Vouk). Vergr. 180.

Fig. 6. Nitronoxalat. Vergr. 180.

Fig. 7. Das gleiche nach dem Umkristallisieren auf dem Objektträger. Vergr. 48.

Tafel II.

In sämtlichen Figuren ist die Fällung des Nitrates mit 10% Nitron in 5prozentiger Essigsäure dargestellt. Die Zeichnungen sind etwas schematisiert.

Fig. 8. *Ballota nigra*, Vegetationskegel längs. Vergr. 48.

Fig. 9. *Bryonia dioica*, Blattstiel längs. Vergr. 30.

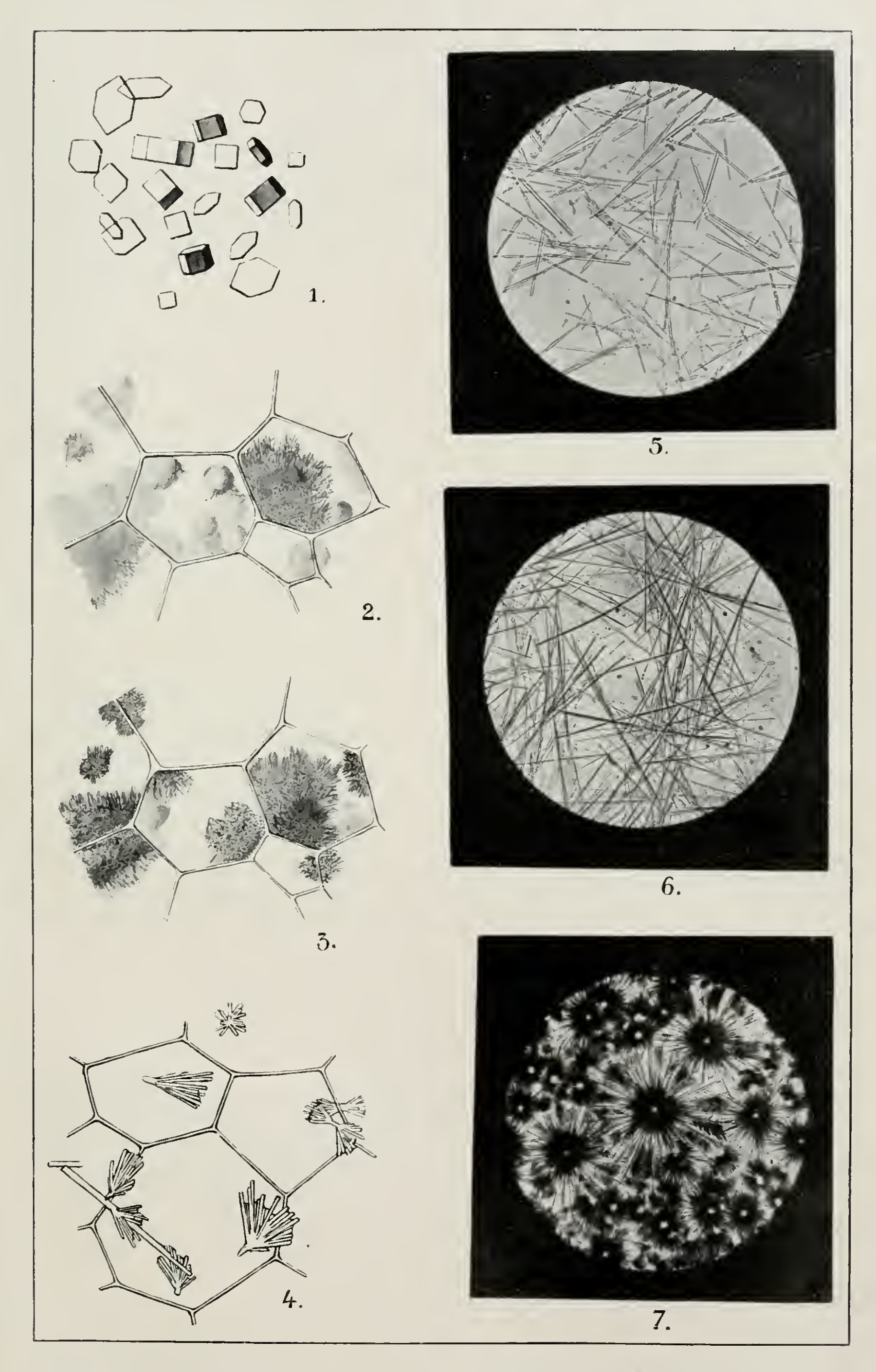
Fig. 10. *Lupinus albus*, Hypokotyl längs. Vergr. 10.

Fig. 11. *Iris germanica*, Wurzelstock (*rh*) quer u. Wurzel (*w*) längs. Vergr. 10.

Fig. 12. *Tradescantia guianensis*, Stengel längs. Vergr. 48.

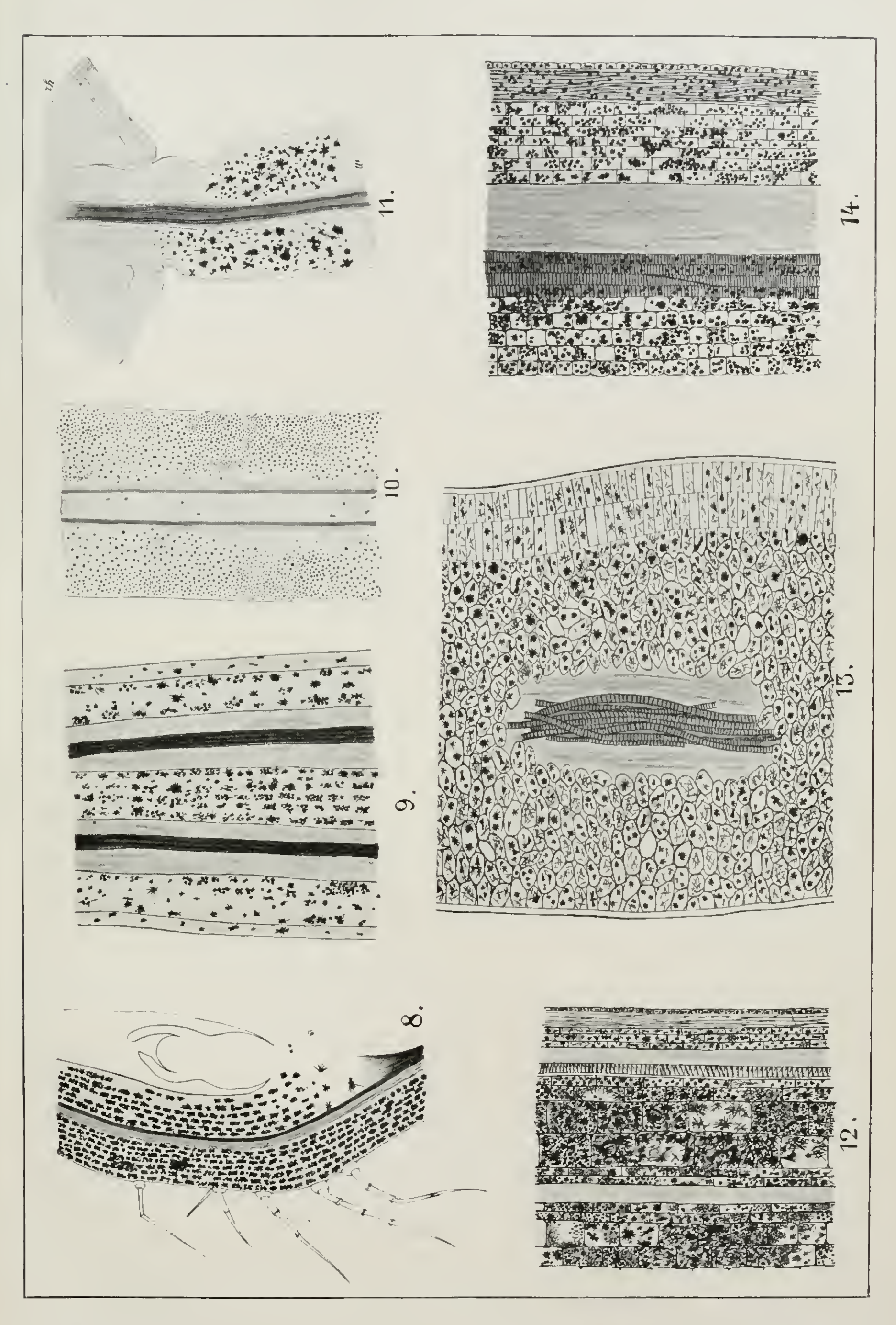
Fig. 13. *Cucurbita Pepo*, Kotyledo quer. Vergr. 51.

Fig. 14. *Sambucus nigra*, Zweig längs. Vergr. 48.



Richard Klein fec. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





Richard Klein fec.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin.

Band XXX.

Erste Abteilung:
Anatomie, Histologie, Morphologie und Physiologie der Pflanzen.

Heft 2.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Ausgegeben am 15. August 1913.

Inhalt.

Die Beiträge erscheinen in zwangloser Folge. Jeder Band umfaßt 3 Hefte. Preis des Bandes **M. 16.—.**

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen oder direkt vom Verlage C. Heinrich, Dresden-N.

Zusendungen von Manuskripten und Anfragen redaktioneller Art werden unter der Adresse: Geh. Regierungsrat Professor Dr. O. Uhlworm, Berlin W., Hohenzollerndamm 4, mit der Aufschrift „Für die Redaktion der Beihefte zum Botanischen Centralblatt" erbeten.

Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung des Chlorophylls.

Von

Julius Stoklasa, Johann Šebor und Emanuel Senft.

Mit Tafel III bis XII.

(Aus der chem.-physiol. Versuchsstation an der k. k. böhm. techn. Hochschule, Prag.)

Es ist fast schon 100 Jahre her (1817), als Pelletier und Caventou allen im alkoholischen Blätterauszuge vorhandenen Pigmenten den Namen „Chlorophyll" beilegten, welche Benennung sich ausschließlich auf den grünen Blattfarbstoff bezog.

Seit dieser Zeit wurden zwar auf diesem Gebiete sehr viele Arbeiten ausgeführt, doch die chemische Zusammensetzung dieses kompliziert gebauten Blattfarbstoffes hat man bisher noch nicht völlig erforscht.

In den letzten Jahren waren es namentlich die grundlegenden Arbeiten Marchlewskis[1]), Willstätters[2]) sowie seiner Schüler

[1]) L. Marchlewski u. P. Kozniewski, Zur Kenntnis des Chlorophylls. (Biochemische Zeitschrift 3, 302 [1906].)
L. Marchlewski, Über Herrn Tswetts histor. Chlorophyllforschungen und seine Chlorophylline. (Ber. d. d. bot. Ges. 25, 225 [1907].)
L. Marchlewski, Ein weiterer Beweis der chem. Verwandtschaft des Chlorophylls und Blutfarbstoffes. (Biochem. Zeitschrift 3, 320 [1907].)
L. Marchlewski, Zur Phylloxanthinfrage. (Ebenda 7, 282 [1907].)
L. Marchlewski und St. Mostowski, Zur Kenntnis des Blutfarbstoffes VII. (Zeitschr. f. physiol. Chemie 51, 464 [1907].)
L. Marchlewski und J. Rettinger, Zur Kenntnis des Blutfarbstoffes VIII. (Ebenda 54, p. 151 [1907].)
L. Marchlewski, Studien in der Chlorophyllgruppe I, L. Hildt, L. Marchlewski und J. Robel, Über die Einwirkung von Säuren auf Chlorophylle. (Biochem. Zeitschrift 10, 131 [1908].)
L. Marchlewski und J. Rettinger, Zur Kenntnis des Hämopyrrols. (Biochem. Zeitschr. 10, 437 [1908].)
L. Marchlewski II., Über die Umwandlung des Phyllotaonins in Phytorhodine. (Ebenda 472 [1908].)
L. Marchlewski, Zur Chemie des Blutfarbstoffes IX. (Zeitschr. f. physiol. Chemie 56, 316 [1908].)
L. Hildt, L. Marchlewski u. J. Robel, Über die Umwandlung des Chlorophylls unter dem Einfluß von Säuren. (Extr. du Bull. Acad. des Sci. de Cracovie. Avril 1908.)
T. Kozniewski u. L. Marchlewski, On the Conversion of Phyllotaonine into Phytorhodine. (Ebenda. April 1908.)
L. Marchlewski III, Eine neue Abbaumethode in der Chlorophyllchemie. (Biochem. Zeitschr. 16, 3 [1909].)
H. Malarski u. L. Marchlewski IV, Über Zinkchlorophylle und Zinkphyllotaonine. (Ebenda 21, 523 [1909].)

(Fortsetzung der Fußnote [1]) sowie Fußnote [2]) siehe nächste Seite.)

und Tswetts[3]), die in der Chlorophyllchemie eine neue Phase eingeleitet haben. Durch diese Arbeiten, welche den chemischen

L. Barabsz u. L. Marchlewski V. Der endgültige Beweis der Identität des Chlorophyllpyrrols und Hämopyrrols. (Ebenda 548 [1909].)
Z. Leyko u. L. Marchlewski, Zur Kenntnis des Hämopyrrols II. (Ebenda 22, 464 [1909].)
L. Marchlewski, Die Chemie der Chlorophylle. Braunschweig 1909.
H. Malarski u. L. Marchlewski IV, Bestimmung des Chlorophylls in Pflanzenteilen. (Biochem. Zeitschr. 24, 319 [1910].)
H. Malarski u. L. Marchlewski VII, Über Chlorophyllan, Allochlorophyllan und Chlorophyllpyrrol. (Ebenda 27, 246 [1910].)
H. Malarski u. L. Marchlewski VIII, Über die Bildung des Phyllotaonins aus Chlorophyllan. (Ebenda 28, 48 [1910].)

[2]) R. Willstätter u. W. Mieg, Untersuchungen über Chlorophyll I. Über eine Methode der Trennung und Bestimmung von Chlorophyllderivaten. (Liebigs Annalen 350, I [1906].)
R. Willstätter II, Zur Kenntnis der Zusammensetzung des Chlorophylls. (Ebenda 48 [1906].)
R. Willstätter III u. F. Hocheder, Über die Einwirkung von Säuren und Alkalien auf Chlorophyll. (Ebenda 354, 205 [1907].)
R. Willstätter IV u. W. Mieg, Über die gelben Begleiter des Chlorophylls. (Ebenda 355, I [1907].)
R. Willstätter V u. A. Pfannenstiel, Über Rhodophyllin. (Ebenda 358, 205 [1907].)
R. Willstätter VI u. M. Benz, Über kristallisiertes Chlorophyll. (Ebenda 269 [1907].)
R. Willstätter VII, F. Hocheder u. E. Hug, Vergleichende Untersuchung des Chlorophylls verschiedener Pflanzen. (Ebenda 371, I [1909].)
R. Willstätter VIII u. H. Fritzsche, Über den Abbau von Chlorophyll durch Alkalien. (Ebenda 33 [1909].)
R. Willstätter IX u. Yas. Asahina, Oxydation der Chlorophyllderivate. (Ebenda 373, 227 [1910].)
R. Willstätter u. H. H. Escher, Über den Farbstoff der Tomate. (Zeitschr. f. physiol. Chemie 64, 47 [1910].)
R. Willstätter, Chlorophyll und seine wichtigsten Abbauprodukte. (Handbuch der Biochem. Arbeitsmethoden, herausgeg. von E. Abderhalden 2, 2. Hälfte, 671 [1910].)
R. Willstätter u. A. Oppé, Vergleichende Untersuchung des Chlorophylls verschiedener Pflanzen. II. (Liebigs Annal. 1910, 378. I.)
R. Willstätter u. A. Stoll, Über Chlorophyllase. (Ebenda S. 18.)
R. Willstätter, E. W. Mayer u. E. Hüni, Über Phytol I. (Ebenda S. 73.)
R. Willstätter u. A. Stoll, Spaltung und Bildung von Chlorophyll. (Ebenda 380, 148 [1911].)
R. Willstätter u. M. Isler, Vergleichende Untersuchung des Chlorophylls verschiedener Pflanzen. III. (Ebenda 154.)
R. Willstätter u. E. Hug, Isolierung des Chlorophylls. (Ebenda 177.)
R. Willstätter u. M. Utzinger, Über die ersten Umwandlungen des Chlorophylls. (Ebenda 382, 129 [1911].)
R. Willstätter, A. Stoll u. M. Utzinger, Absorptionsspectra der Komponenten und ersten Derivate des Chlorophylls. (Ebenda 385, 156 [1911].)
R. Willstätter u. Yasuhiko Asahina, Über die Reduktion der Chlorophylle. I.

[3]) M. Tswett, Über das Pigment des herbstlich vergilbten Laubes. (Ber. d. d. bot. Ges. 94 [1908].)
M. Tswett, Ist der Phosphor an dem Aufbau der Chlorophylline beteiligt? (Ebenda 214 [1908].)
M. Tswett, Über das Phäophytin und die Chlorophyllane nebst Schlußbemerkungen über das Phylloxanthin. (Biochem. Zeitschr. 10, 404 [1908].)
M. Tswett, Natur des sogen. „kristallisierbaren Chlorophylls“ (Metachlorophyllins). (Ebenda 414 [1908].)
M. Tswett, Das neue System der sogen. Chlorophyllderivate. (Ebenda 426 [1908].)

Charakter des Chlorophylls eingehend behandelten, wurden auch tatsächlich unsere Kenntnisse in dieser Frage wesentlich bereichert.[1])

Tswett[2]) hat sich über Willstätters sogenanntes „krystallisierbares" Chlorophyll in nachstehendsr Weise geäußert:

„Das sogenannte „krystallisierbare Chlorophyll" (α-Metachlorophyllin) ist keine natürliche Komponente des Chlorophylls, sondern ein Kunstprodukt, welches bei der langsamen Extraktion der Blätter vieler Pflanzen unter Einwirkung noch unbekannter Faktoren des Zellchemismus aus den genuinen Chlorophyllinen entsteht. Momentan hergestellte, also unveränderte Chlorophyllauszüge sind stets frei von genanntem Derivat. In seinem Spektrum vereinigt dasselbe die Absorptionsbänder der Chlorophylline α und β und ist also als ein Sammelderivat dieser genuinen Farbstoffe zu betrachten."

Den gleichen Standpunkt wie Tswett vertraten auch wir, nachdem die ersten Arbeiten Willstätters erschienen sind. Unsere Untersuchungsergebnisse divergieren, wie bekannt, mit jenen von Willstätter und seiner Schüler in manchen Richtungen.

Willstätter mit seinen Mitarbeitern behauptet, daß für krystallisierte und amorphe Chlorophylle ein Magnesiumgehalt charakteristisch ist und daß das Chlorophyll überhaupt phosphorfrei ist. Im Lichte seiner Forschungsresultate scheint bewiesen zu sein, daß Chlorophylle, wie sie durch Extraktion mit Alkohol oder anderen indifferenten Stoffen erhalten werden, niemals phosphorhaltig sind.

Auf Grund unserer Untersuchungen können wir uns jedoch dieser Ansicht nicht anschließen, vielmehr sind wir der Überzeugung, daß das Chlorophyll, wie es in der Pflanzenzelle vorkommt, niemals phosphorfrei ist. Es liegt uns aber fern, dadurch etwa die großen Verdienste, die sich Willstätter erworben hat, herabzusetzen, sondern wir wollen bloß bemerken, daß durch die Untersuchungen von Willstätter und seinen Mitarbeitern keineswegs der chemische Charakter des Chlorophylls vollständig klargelegt wurde, wie man allgemein annimmt.

Wir sind gemäß unseren Untersuchungsergebnissen fest überzeugt, daß das in der Pflanzenzelle vorkommende Chlorophyll, welches ein komplizierter organischer Körper ist mit dem Kunstprodukt, nämlich mit dem kristallisierten Chlorophyll, woselbst bloß Magnesium komplex gebunden vorkommt, nicht identisch ist. Das krystallisierte Willstättersche Chlorophyll hat mit dem natürlichen in der Pflanzenzelle vorkommenden nichts Gemeinschaftliches. Den chemischen Charakter der Krystalle vom Chlorophyll, welche

---

[1]) Ich will hier den ganzen Extrakt dieser Arbeiten nicht rekapitulieren, sondern verweise bloß auf die geistreichen Besprechungen Friedrich Czapeks in der Zeitschrift für Botanik. 1911. p. 43; 1912, p. 321.

[2]) Tswett, M., Über die Natur des sogenannten „krystallisierbaren Chlorophylls" (Metachlorophyllins). (Biochemische Zeitschrift X, 1908.)

sich nach der Methode von Borodin und Monteverde darstellen lassen, werden wir in der nächsten Abhandlung ausführlich besprechen.

Unsere langjährigen Studien dokumentieren, daß die von Stoklasa schon früher ausgesprochene Ansicht, daß dem Phosphor bei dem Aufbaue des Chlorophylls eine wichtige Rolle zukommt, durch die Arbeiten Willstätters nicht endgültig widerlegt wurde, wie manche Physiologen angenommen haben.

Wir können an dieser Stelle nicht unterlassen, auch unsere schon früheren Mitarbeiter, sofern uns dieselben ihre Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeiten angedeihen ließen, hier zu erwähnen. Es sind dies namentlich die Herren Prof. Dr. Brdlík, Dozent Dr. Just und Adjunkt Dr. Ernest, sämtliche an der k. k. böhmischen techn. Hochschule in Prag, ferner Eugen Vitek, Vorstand der Samenkontrollstation des Landeskulturrates für das Königreich Böhmen, und Prof. Dr. Zelenka in Chrudim.

Die vorliegende Arbeit zerfällt in folgende Kapitel:

I. Zusammensetzung des Rohchlorophylls.

Vor 17 Jahren hat Stoklasa eine ausführliche Arbeit über die Verbreitung und physiologische Bedeutung des Lecithins in der Pflanze[1]) publiziert, in welcher Arbeit er zu dem Resultate gekommen ist, daß Phosphor ein Bestandteil des Chlorophylls ist und daß ohne ihn die Entwicklung desselben, resp. die Entstehung der Chlorophyllkörner als Unmöglichkeit angesehen werden muß; durch seine ausführlichen Untersuchungen ist er zu der festen Überzeugung gekommen, daß das Studium der Chlorophyllfragen mit dem der Phosphatide überhaupt eng verbunden ist. Er ist damals zu der Annahme gelangt, daß das Chlorophyll nichts anderes ist, als Leci-

[1]) Julius Stoklasa, Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie d. Wissenschaften in Wien. 1896. (Über die Verbreitung und physiol. Bedeutung des Lecithins in der Pflanze.)

thin, wobei die fetten Säuren durch eine bestimmte Gruppe von Chlorophyllan-Säuren ersetzt erscheinen.

Seine Forschungen über das Chlorolecithin haben in der neuesten Zeit bei Richard Willstätter[1]) keinen Anklang gefunden und versuchte der genannte Forscher auf Basis seiner eigenen Untersuchungen seine zahlreichen Beobachtungen anzuzweifeln.

Willstätter äußert sich in nachstehender Weise: „Ich habe beobachtet, daß das aus Gras oder aus Brennesseln isolierte Chlorophyll keinen Phosphor enthält oder nur ganz geringfügige Mengen, die von Verunreinigungen herrühren. Aus den Angaben, die der experimentelle Teil enthält, sei hier nur excerpiert:

„Rohchlorophyll aus frischen Brennesseln nach Kraus mit Holzgeist-Benzin gereinigt, enthielt 0,0108 % Phosphor.

Rohchlorophyll aus getrockneten Brennesseln, mittelst der colloidalen Lösung gereinigt, enthielt keinen Phosphor.

Rohchlorophyll aus frischem Gras, nach Kraus gereinigt, enthielt 0,0746 % Phosphor.

Übrigens hatte ich auch bei der Verseifung von 300 g eines, in einer späteren Abhandlung zu beschreibenden phylloxanthinartigen Chlorophyllderivates keine Spur von Glyzerin aufgefunden."

Die Methode zur Konstatierung des Glyzeringehaltes gibt der Autor nicht an, wiewohl Näheres zu erfahren von großem Interesse wäre.

Stoklasa hat die Lecithinnatur des Chlorophylls in der neuesten Zeit weiter verfolgt und gelang es ihm abermals, aus frischen Spinatblättern durch nachstehende Methode ein Reinchlorophyll zu gewinnen, welches ebenfalls reich an Phosphor war. Wir verweisen hier auf Stoklasas Arbeiten in den Berichten der deutschen Botan. Gesellschaft Berlin 1907 und 1908.

75 kg reiner Spinatblätter wurden mit destilliertem Wasser gewaschen, in einer Dunkelkammer in dünnen Schichten auf Filterpapier getrocknet und dann in einer Hackmaschine in einen Brei verwandelt. Dieser Brei wurde zuerst mit Äther gewaschen und hierauf mit 166 l Äthyl-Alkohol in mehreren großen Kolben eine Woche lang in der Dunkelkammer bei gewöhnlicher Temperatur extrahiert. Die Alkoholextrakte wurden im Vakuum bei 40° C. abgedampft, der Verdampfungsrückstand in Alkohol aufgelöst, die Lösung nach G. Kraus[2]) mit Wasser verdünnt und mittels Benzols das sogenannte Kraus'sche Kyanophyll abgeschieden.

Diese Prozedur erfuhr eine dreimalige Wiederholung und hatte den Zweck, womöglich Xantophyll und Karotin in der Alkohollösung abzuscheiden. Endlich wurde der dunkelgrüne Extrakt in Äther aufgelöst und mit Wasser, welchem Chlornatrium zugesetzt wurde, geschüttelt. Auf diese Weise vollzog sich die Absonderung der Ätherschicht von der Wasserschicht sehr leicht. Die reine Ätherlösung wurde abgedampft und mit absolutem Alko-

[1]) Richard Willstätter, Zur Kenntnis der Zusammensetzung des Chlorophylls. (Justus v. Liebigs Annalen der Chemie. Bd. 350. H. 1 u. 2.)

[2]) G. Kraus, Zur Kenntnis der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten. Stuttgart 1872.

hol behandelt. Durch Abkühlung sonderte sich aus der Alkohollösung ein kompakter Niederschlag von metallischem Glanze und schwarzgrüner Färbung ab.

Eine gewisse abgetrennte Menge wurde bis zum konstanten Gewichte im Wasserbade getrocknet. Die Trocknung zum konstanten Gewicht vollzieht sich selten in mehreren Tagen, ja manchmal sogar erst in mehreren Wochen.

In einer Portion der so gewonnenen Substanz wurde der Phosphor, in der anderen der Stickstoff bestimmt. Für die Phosphorbestimmung betrug das Gewicht der benützten Menge 0,21 g. Diese wurde mit Natriumkarbonat und Natriumnitrat in einer Platinschale verbrannt, die verkohlte Substanz in ein Gefäß geschüttet und mit Salpetersäure angesäuertem Wasser gekocht. Im reinen Filtrate erfolgte mittels der Molybdänmethode die Bestimmung von Phosphorsäure. An $Mg_2P_2O_7$ wurden 0,022 g gefunden, was 2,91 % Phosphor entspricht. In einem anderen, abgewogenen Quantum, und zwar in 0,403 g wurde der Stickstoff bestimmt und hievon 1,12 % gefunden.

Durch diese präparative Methode hat Stoklasa, wie wohl angenommen werden kann, fast ein Reinchlorophyll erhalten, welches 2,91 % Phosphor enthielt.

Durch eine schon früher durchgeführte Isolierung wurde von ihm ein Reinchlorophyll mit 3,37 % Phosphor erhalten.

Einer von unseren Mitarbeitern, V. Brdlik, hat größere Quantitäten von Chlorophyll dargestellt, indem er 120,5 kg Spinatblätter mit 230 Liter chemisch-reinen Methylalkohols extrahierte.

Frisch gepflückter Spinat wurde gewaschen, getrocknet, d. h. in der Weise, daß das zur Abspülung verwendete Wasser verdunstete, worauf die so getrockneten Blätter in einer emaillierten Mühle zerrieben wurden. Zur Neutralisation der organischen Säuren im Extrakte wurde diesen etwas kohlensaurer Kalk zugesetzt. Der erhaltene alkoholische Extrakt von 188 l, wurde mit 48 l chemisch reinen Benzols ausgeschüttelt. Die Benzolschicht, welche das Chlorophyll aufgenommen hatte (43 l) wurde bei etwa 40° C. abgedampft. Es wurden 65 g Chlorophyll gewonnen. Diese wurden behufs Entfernung der Stoffe, welche beim Ausschütteln aus der Alkoholschicht teilweise in die Benzolschicht gelangten, in Benzol aufgelöst. Der Rückstand wurde nach Abdampfen der Benzollösung direkt verseift, um das Chromophor, wie Hoppe-Seyler es bereits getan hat, abzutrennen. Die Verseifung des Rohchlorophylls erfolgte nach Abdampfen des Benzols durch Kochen mit konzentriertem Barythydrat. Das überschüssige $Ba(OH_2)$ wurde in gebräuchlicher Weise mittels Durchleitens von CO_2 herausgefällt und nach der Abkühlung filtriert. Auf dem Filter wurden neben verschiedenen Barytseifen unlösliche Barytsalze der genannten Chlorophyllansäuren festgehalten, welche nach Hoppe-Seyler als Chromogen des Chlorophylls angesehen werden. Das Filtrat wurde abgedampft (mit einigen Tropfen HCl behufs Überführung eventuell vorhandener freier Basen in Chlorhydrate angesäuert), der Rückstand einigemal mit absolutem Alkohol digeriert und auf diese Weise

das Filtrat in eine Partie alkoholischer Lösung und einen nach der alkoholischen Digestion im Wasser löslichen Rückstand geteilt. Ein bloß unbedeutender, Phosphor nicht enthaltender Teil blieb im Wasser unlöslich.

Da der alkoholische Teil Basenreaktionen mit Phosphorwolframsäure, Kaliumplatinjodid, Jodjodkalium lieferte, wurde durch Platinchloridsäure eine Isolation von Aminen versucht. Die Kristalle der zweiten Fraktion, die gewonnen wurden, wiesen einen Geruch nach Trimethylamin auf, während jene der ersten Fraktion bedeutende Mengen von Kalium enthielten. In den Kristallen der zweiten Fraktion wurde das Cholin nachgewiesen. Das durch fraktionierte Kristallisation gewonnene Cholinplatinchlorid ergab beim Verbrennen folgende Resultate:

I. 0,1235 g lieferten 0,03945 g Pt = 31,94 %.
II. 0,1164 g lieferten 0,0374 g Pt = 32,13 %.
III. 0,1962 g lieferten 0,0626 g Pt = 31,9 %.

Cholinplatinchlorid erfordert theoretisch 31,64 % Pt. Da das Präparat auf Versuchstiere keine toxische Wirkung ausübte, enthielt es kein Neurin; auch Betain konnte in dem Präparate nicht nachgewiesen werden.

Der wässerige Anteil. Der nach der alkoholischen Digestion zurückbleibende im Wasser lösliche Rückstand gab einen flockigen Niederschlag mit absolutem Alkohol und trübte sich beim Erwärmen. Durch Erkalten wurde er wieder klar und lieferte mit Bleiacetat abermals Niederschläge. Diese Reaktionen deuteten auf Baryumglyzerinphosphat, welches auch wie folgt, isoliert und identifiziert wurde. Die konzentrierte Lösung wurde mit absolutem Alkohol gefällt, der Niederschlag auf dem Filter gesammelt und nach erfolgter Durchwaschung mit absolutem Alkohol in kühlem Wasser aufgelöst und von neuem mit absolutem Alkohol gefällt. Diese Operation wurde fünfmal wiederholt; der schließlich auf dem Filter gesammelte Niederschlag wurde zum konstanten Gewicht bei 95° getrocknet. Es resultierten 0,212 g Baryumglyzerinphosphat. Ein Teil hievon wurde in einer kleinen Menge Wassers aufgelöst und Schwefelsäure zur Ausscheidung von Baryumsulfat und Bestimmung des Baryums hinzugefügt. Die im Filtrate überschüssige Schwefelsäure wurde mittels Baryumchlorid ausgeschieden, konzentriert und das Glyzerin nach der Methode Zeisel und Fanto[1]) bestimmt. Das überdestillierende Isopropyljodid wurde im Zeiselschen Apparate mittelst Silbernitrats aufgefangen. Das ausgeschiedene Jodsilber wurde bei 120° C getrocknet und gewogen.

Belege:

I. 0,0953 g der Substanz ($BaC_3H_7PO_6 + 2\ H_2O$). 0,0658 g $BaSO_4$ = 0,0387 g = 40,63 % Ba (Theorie 40 %).
0,059 AgJ = 0,0231 $C_3H_8O_3$ = 24,29 % $C_3H_8O_3$ (Theorie 26,78 %).

II. 0,1022 g der Substanz 0,0702 g $BaSO_4$ = 0,0413 g Ba = 40,39 %.
0,0638 g AgJ = 0,025 $C_3H_8O_3$ = 24,26 %.

---

[1]) S. Zeisel und R. Fanto, Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich. p. 729 (1902).

Die verhältnismäßig hohen Ziffern für das Baryum in Hinsicht auf den festgestellten Glyzeringehalt finden ihre Erklärung einesteils in dem unzureichenden quantitativen Verlauf bei der Bestimmung des Glyzerins, andrerseits ist es auch möglich, daß bei der Zersetzung des Baryumglyzerinphosphats mittels Schwefelsäure, behufs Entfernung des Baryums die freigewordene Glyzerinphosphorsäure sich teilweise zersetzt; im Filtrate verdampft dann beim Konzentrieren ein wenn auch unbedeutender Teil des Glyzerins. Glyzerinphosphorsäure findet sich daher auch im Rohchlorophyll vor, wie schon Hoppe-Seyler angedeutet hatte.

Die Bestimmung des Phosphors im Reste der ursprünglichen Benzollösung hatte für diese Versuche keine Bedeutung, da sämtlicher Phosphor, wegen unvollständiger Verseifung dieses Restes, in das Filtrat nicht übergeht (durch Parallelversuche wurde festgestellt, daß etwa 20% Phosphor zurückbleiben), und deshalb wurde jener Filtratphosphor als Basis weiterer Beobachtungen angesehen. Das nach der Verseifung resultierende Filtrat wurde auf 2000 ccm verdünnt und hievon 50 ccm zur Bestimmung des Gesamtphosphors verwendet. Es wurden 0,0242 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,0067 g P gefunden, somit im ganzen Filtrate 0,2691 g Phosphor. Die restlichen 1950 ccm wurden abgedampft, mit absolutem Alkohol digeriert und auf diese Weise, so wie es bei den vorherbeschriebenen Identifikationsarbeiten geschehen ist, in zwei Partien: eine alkoholische und eine wässerige Lösung geteilt.

In der alkoholischen Fraktion sollte die gesamte Menge des Platins in dem Niederschlage der alkoholischen Lösung der Chlorplatinsäure bestimmt werden. Deshalb wurde auf 500 ccm verdünnt, hievon auf die Platinbestimmung 25 ccm abgeteilt, mit Chlorplatinsäure gefällt und 0,451 g Platin gefunden, d. i. in 500 ccm des alkoholischen Teils 9,02 g Platin und umgerechnet auf die ursprüngliche Menge von 2000 ccm des Filtrats 9,25 g Platin, welches also die Basen und das Kalium gebunden hatten.

Während des Experimentierens wurde das Vorhandensein von Kali in dem ausgeschiedenen Niederschlage der alkoholischen Lösung der Chlorplatinsäure konstatiert. Um die an das Kali gebundene Platinmenge festzustellen, wurde wie folgt vorgegangen:

Die restlichen 25 ccm von 500 ccm alkoholischen Digestion wurden mit einer alkoholischen Lösung von Chlorplatinsäure gefällt. Der Niederschlag wurde aufgefangen, gewaschen und die organischen Stoffe in einem Wasserstoffgasstrom verbrannt. Der Rückstand wurde wiederholt mit heißem Wasser ausgelaugt, das Filtrat abgedampft, schließlich der Tiegel in dunkle Rotglut gebracht und das Chlorkalium gewogen.

Belege:

In 25 ccm wurden 0,0165 g KCl = 0,00865 g K gefunden oder in 500 ccm alkoholischer Digestion 0,173 g K.

In 2000 ccm des ursprünglichen Filtrats also 0,179 g K, welche 0,445 g Platin gebunden hatten.

Es betrug somit das Gesamtgewicht des ursprünglichen

Platins	9,250 g
Platins gebunden an Kali	0,445 g
Verblieb somit an Basen gebundenen Platins	8,805 g Pt.

Der wässerige Anteil. Nach alkoholischer Digestion wurde der Rückstand im Wasser aufgelöst, ein kleiner, nicht löslicher Teil auf dem Filter festgehalten und mit Salpeter und Soda behufs Feststellung des Phosphors verbrannt, wobei gefunden wurde, daß Phosphor in der unlöslichen Partie nicht vorhanden ist.

Das wässerige Filtrat des phosphorhaltigen Rückstandes verdünnte man demnach auf 250 ccm, hievon wurden 25 ccm für die neuerliche Bestimmung des Phosphors nach der alkoholischen Digestion abgetrennt, um zu kontrollieren, ob ein Teil des Phosphors nicht in die alkoholische Fraktion übergegangen sei. Das war tatsächlich auch der Fall, und zwar wurden in 25 ccm : 0,0434 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,0121 g P gefunden, somit berechnet auf das Gesamtfiltrat:

von 250 ccm	0.1210 g P
wobei jedoch vorhanden sein sollten	0.2624 g P
	0,1414 g P

welch letztere daher in die alkoholische Digestion übergegangen sind, d. i. 54,01 %, also über die Hälfte.

Darauf kam man leider erst dann, als das Filtrat nach der Ausscheidung des Cholins aus der alkoholischen Fraktion durch Platinchlorid bereits anderweitig verarbeitet war, so daß es zu einem Versuche nicht mehr kommen konnte, wodurch sichergestellt werden sollte, ob der Phosphor in einer organischen alkohol-löslichen Verbindung vorhanden war. Anorganischer Phosphor würde in dem Baryumniederschlage gleich nach der Verseifung zurückgeblieben sein.

Die nächste Erklärung wäre gewesen, ob nicht vielleicht beim Abdampfen des Filtrats nach der Verseifung, als etliche Tropfen Salzsäure zur Überführung der freien Cholinbase im Chlorhydrat hinzugetan wurden, der Überschuß an Salzsäure die Zersetzung eines Teiles des Baryumglyzerinphosphates in freie, allerdings in alkohollösliche Glyzerinphosphorsäure verschuldet hat, welch letztere sich eventuell an das, wie nachgewiesen, vorhandene Kali hätte binden und als ebenfalls in Alkohol lösliche glyzerinphosphorsaures Kali in diesen alkoholischen Teil hätte übergehen können.

Diese Umstände hätte ein Überschuß von Salzsäure verschulden müssen, von welcher jedoch, wie oben angeführt, bloß etliche Tropfen hinzugefügt wurden, und dann hätte ein bedeutender Überschuß derselben vorhanden sein müssen, um mehr als die Hälfte des gesamten Glyzerinphosphates frei zu machen.

Es erübrigt noch die Möglichkeit zu erwähnen, daß vielleicht jener Phosphor sich schon als Kaliumglyzerinphosphat im Filtrate nach der Verseifung befunden habe, wiewohl es nicht gut denkbar ist, daß dasselbe der Wirkung des Barythydrats beim Kochen widerstanden hätte.

Die Trennung mit Aceton.

Das Rohchlorophyll löste sich im Aceton sehr leicht; dagegen waren die Lecithine in diesem Agens nur sehr wenig löslich, so daß man sich des Acetons zur Ausscheidung der Phosphatide aus ihren alkoholischen Lösungen bediente. Brdlik hat versuchsweise in Lecithinpräparaten sichergestellt, daß die Lecithine im Aceton nicht ganz unlöslich sind, wie die Literatur hie und da angibt. Es wurde von ihm dagegen gefunden, daß z. B. nach 2 Minuten langer Digestion 7 % Lecithin in das Aceton übergegangen sind; nach dem Schütteln übergingen nach weiteren 10 Minuten 13,4 % und nach einer weiteren Stunde 22,5 %. Nach dreitägiger Digestion bestimmte er abermals den Phosphor. Es waren 27,5 % Lecithinphosphor in die Acetondigestion, zusammen sind also 70,4 % des Gesamtlecithins nach dreitägiger Digestion in Aceton übergegangen.

Belege:

100 ccm alkoholischer Lösung von bekanntem Lecithingehalte, entsprechend 0,01834 g P wurden abgedampft und mit Aceton digeriert. Es übergingen:

Nach 2 Minuten	0,0048 $Mg_2P_2O_7$	= 0,0013 P =	7,0 %
Nach weiteren 10 Minuten	0,0089 $Mg_2P_2O_7$	= 0,00240 P =	13,4 %
Nach einer weiteren Stunde	0,0149 $Mg_2P_2O_7$	= 0,00414 P =	22,5 %
Nach weiteren 3 Tagen	0,0182 $Mg_2P_2O_7$	= 0,00506 P =	27,5 %
		insgesamt	70,5 %

Der Chlorophyllrückstand löste sich ungemein leicht in Aceton, d. h. selbst bei Bereitung einer konzentrierten Lösung (1 g des Rückstandes von Epheurohchlorophyll in 50 ccm) ist in einer Minute alles in Lösung übergegangen. Um sicherzustellen, ob vielleicht bei Gegenwart des Chlorophylls nicht irgend eine Adsorption der farblosen Lecithine durch das Chlorophyll erfolgte, mengte Brdlik (vor dem Abdampfen) die Lecithine zu dem Letzteren. Hierauf wurde mit Aceton digeriert, bis sich die neuen Partien desselben nicht mehr färbten (dreimal während einer Minute), und in dieser acetonischen Digestion der Phosphor bestimmt.

Belege:

350 ccm alkoholischen Chlorophylls, welche 0,00545 g Phosphor entsprechen, wurden 50 ccm alkoholischer Lecithinlösung hinzugefügt, entsprechend 0,0917 g Phosphor; dieses Gemenge wurde abgedampft und mit Aceton digeriert.

Die acetonigen Partien wurden abgedampft und der Phosphor bestimmt. Es wurden 0,0462 g $Mg_2P_2O_7$ abgewogen, d. i. 0,0128 g Phosphor. Zieht man den Chlorophyllphosphor (0,0128—0,0054) ab, so bleiben aufs Lecithin 0,0074 g Phosphor übrig, d. h. es sind somit 8,1 % farblosen Lecithins in das Chlorophyll übergegangen. Berücksichtigt man aber die Summe des Chlorophyll- und Lecithinphosphors in dem Gemenge vor der acetonischen Digestion, d. i. 0,0971 g P und den in das Aceton übergegangenen Phosphor, d. h. 0,0128 g, so findet man, daß von demselben bloß

13,3 °/₀ übergegangen sind, d. i. eine Abnahme im acetonigen Teile von 86,7 °/₀ P. Wenn man jedoch diese Chlorophyllrückstände mit Aceton digeriert, findet man, daß der Phosphor im Acetonteil nicht abnahm, sondern im Gegenteil prozentuell auf die Trockensubstanz zugenommen hat.

Bei 30° C wurden sodann 500 ccm Chlorophyllbenzollösung abgedampft, der Rückstand fünfmal im Laufe von 24 Stunden digeriert (die Digestionswässer wurden zu jenen hinzugefügt, in welchen das Phytin bestimmt wurde). Diese Wässer waren nur schwach gelb verfärbt. Der Rückstand wurde in absolutem Äthylalkohol aufgelöst und diese Lösung mit Benzol ausgeschüttelt.

Die benzolige Partie wurde bei 30° C abgedampft und mittels Acetons digeriert, die zweite acetonige Partie, welche nur wenig grün verfärbt war, wurde nicht zu der Hauptpartie hinzugefügt. Die acetonige Hauptpartie wurde abgedampft und im Rückstande der Phosphor bestimmt.

Belege:

I. 1,129 g Rohchlorophylls. Abgewogen 0,0163 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,0045 g P, d. i. 0,4 °/₀ P.

Der Phosphorgehalt stieg durch diese Operation von 0,31 °/₀ in der ursprünglichen benzoligen Lösung auf 0,4 °/₀, d. i. fast um ein Drittel. Man darf allerdings nicht übersehen, daß man durch die Lösung in Aceton zwar andern Reinigungsoperationen zuvorgekommen ist, durch welche verschiedene Verunreinigungen beseitigt werden, keineswegs aber das farblose Lecithin entfernt wird, und daß durch die Verringerung der Qualität des Rückstandes der Phosphorgehalt relativ gestiegen ist. Deshalb wurden nachstehende Parallelversuche ausgeführt:

Es wurde bei 30° C je 1 Liter benzoliger Lösung abgedampft. Der Rückstand wurde in einem Falle neuerdings mit Benzol gelöst, im zweiten mit Aceton digeriert und in beiden Fällen der Phosphor bestimmt.

Belege:

I. 5,736 g des Benzolrückstandes.
Abgewogen 0,07 g $Mg_2P_2P_7$ = 0,0195 g P, d. i. 0,33 ₀/⁰ P.

II. 5,710 g des Acetonrückstandes.
Abgewogen 0,0636 g $Mg_2P_2O_7$ = 0,0177 g P, d. i. 0,31 ₀/⁰ P.

Dieses unbedeutende Sinken des Phosphorgehaltes im Acetonrückstande kann keinerlei Einfluß auf die Deduktion über die Abwesenheit der farblosen Lecithine haben, nachdem vom Lecithinphosphor bei so kurzer Digestion mit Aceton 7 °/₀ übergingen, während aus den angeführten Belegen klar ist, daß vom Phosphor des Rohchlorophylls 94 °/₀ in die Acetonlösung übergegangen sind. Mit Rücksicht auf diese Beweise über die Abwesenheit der farblosen Lecithine ist die Erkenntnis interessant, zu der Just gelangt ist, nämlich, daß die ursprünglichen alkoholischen Extrakte der grünen Blätter eine Reaktion mit alkoholischen Lösungen von

Chlorplatinsäure gaben, während die alkoholische Lösung des gereinigten Rohchlorophylls (die ursprüngliche alkoholische Lösung wurde mit Benzol ausgeschüttelt, die benzolige Partie abgedampft und in absolutem Alkohol gelöst) diese Reaktion nicht mehr lieferte. Die also eventl. vorhandenen farblosen Lecithine würden demnach aus den alkoholischen Extrakten in den benzoligen Anteil nicht übergehen.

Nachdem sich nach Brdliks Ansicht physiologisch nachweisen läßt, daß eine bestimmte Beziehung zwischen der Bildung des Chlorophylls und der Gegenwart des Phosphors in der Pflanzenzelle besteht; da sich ferner der Phosphor immer im alkoholischen, eventuell im benzoligen Extrakte der grünen Blätter, und zwar in nicht unbedeutenden Mengen vorfindet und er weder den anorganischen, phosphorhaltigen Beimengungen, noch auch den farblosen Phosphatiden angehört, so kann daraus geschlossen werden, daß der Phosphor einen wichtigen Bestandteil des Chlorophylls bildet.

In unserer vorliegenden Arbeit wollen wir den Nachweis liefern, daß die Behauptung Willstätter's, welche dahin geht, daß sowohl Rohchlorophyll, als auch Reinchlorophyll keinen nennenswerten Phosphorgehalt aufweisen, unrichtig, sowie die von ihm diesbezüglich angegebenen Ziffern, die sich in Hundertsteln von Prozenten bewegen, vollständig fehlgegriffen sind. Wir vermögen uns schwer zu erklären, wie Willstätter vorgegangen ist, um in dem analytischen Teile seiner Untersuchungen zu einem so zweifelhaften Resultate zu gelangen.

Wir wollen hier zuerst die Beschreibung des experimentellen Teiles bei der Herstellung des Alkohol- und Benzol-Extraktes aus der Blattsubstanz verschiedener Pflanzen geben.

Zu unseren Untersuchungen wurde immer frisches, grünes Material im Gewichte von 2—5 kg von verschiedenartigen Pflanzen verwendet. Die Blätter wurden abgetrennt, dann mit destilliertem Wasser gewaschen und in der Dunkelkammer auf Filtrierpapier in dünnen Schichten getrocknet. Die so vorbereiteten Blätter wurden in einer Hackmaschine in einen Brei verwandelt und in einem abgewogenen Quantum des Gesamtbreis die Trockensubstanz bestimmt. Die Menge der Trockensubstanz bewegte sich zwischen 10—25 %. Aus der so erhaltenen breiigen Masse wurde in großen Kolben mittels doppelten Volumens, d. i. 4—10 Litern, Äthyl- oder Methyl-Alkohol in einer Dunkelkammer das Chlorophyll extrahiert. Nach 3—8 Tagen wurde der Alkoholextrakt durch Filtration von dem Blätterbrei entfernt und dann entweder direkt in dem Methyl- oder Äthylalkoholfiltrat der Phosphor bestimmt.

Wir haben auch die Reinigung des Chlorophylls nach dem Entmischungsverfahren von Kraus vorgenommen und zwar in der Weise, daß wir zu dem oben erwähnten Äthyl- oder Methylalkohol-Extrakte Wasser zusetzten, mit Benzol gut durchschüttelten und das Chlorophyll ausschieden. Diese Operation wurde mehreremal wiederholt, um das Chlorophyll von dem Karotin möglichst zu befreien.

Die Alkohol- oder Benzol-Extrakte wurden in einer Platinschale langsam abgedampft, zum konstanten Gewichte im Wasserbade getrocknet, dann mit Natriumkarbonat und Natriumnitrat in derselben Schale verbrannt und die Phosphorsäure nach der Molybdänmethode bestimmt. Richtunggebend für unsere Untersuchungen war in erster Linie der Gedanke, ob und welche Veränderungen mit dem Phosphorgehalt des Chlorophylls in den Blättern der Pflanzen in den verschiedenen Jahreszeiten vor sich gehen, und zwar hielten wir uns die Frage vor Augen, ob das Chlorophyll in den Perioden der vollen, grünen Frische der Blätter (etwa in den Monaten Mai, Juni und Juli) einen gleichen oder veränderten Phosphorgehalt aufweist, wie in den Perioden des sichtbaren vegetativen Verfalls, d. i. in den Monaten September und Oktober, zur Zeit des Vergilbens des Laubes.

Als Untersuchungs- und Vergleichungsobjekte wählten wir Blätter von Waldahorn (*Acer pseudoplatanus*). Selbstverständlich haben wir die Blätter stets von denselben Bäumen und immer vollkommen frische zu den einschlägigen Untersuchungen genommen.

Die Bestimmung des Phosphorgehaltes erfolgte stets in den Benzolextrakten, welche durch Reinigung nach dem Entmischungsverfahren gewonnen wurden.

Bemerken müssen wir noch, daß wir immer unter denselben Verhältnissen gearbeitet haben. Auf 2,5 kg frischer Blättersubstanz wurden 5 Liter Methylalkohol benützt. Die Extraktion dauerte 5 Tage und dann wurde immer dieselbe Menge Benzol und zwar $1^1/_2$ Liter für das Entmischungsverfahren verwendet. Die folgenden Zahlen geben das Resultat unserer Untersuchungen in übersichtlicher Weise wieder:

Tabelle I.

Monat der Beobachtung	Trockengewicht d. Benzolextrakte in g	Gefundene Menge $Mg_2P_2O_7$ in g	P in % d. Trockengew. d. Extrakte.
Am 20. Mai	1,043	0,036	0,959
Am 15. Juni	0,963	0,038	1,097
Am 8. Juli	1,005	0,049	1,355
Am 20. August	1,186	0,026	0,609
Am 11. September	0,925	0,009	0,270
Am 16. Oktober	0,932	0,002	0,059

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß im Monate Juli der Phosphorgehalt der größte war und zwar bezifferte sich derselbe auf 1,353 %, in den Monaten Mai und Juni auf ca. 1 %. Fast ganz unvermittelt sinkt im Monat August der Phosphorgehalt auf 0,6 % und im Monat September, in welchem die Blätter „gelb" zu werden beginnen, auf 0,27 %; im Monat Oktober, in welchem das Blatt schon äußerlich das Aufhören jeder vegetativen Tätigkeit erkennen läßt, beträgt der Phosphorgehalt nur mehr 0,059 g.

Das sind sicherlich hinreichend beredte Ziffern, aus denen hervorgeht, daß, wenn das Chlorophyll aus den Blättern

verschwindet, auch der Phosphor nicht zugegen ist. Im Jahre 1906 stellten wir weitere Untersuchungen an. Im Monate September, zu einer Zeit, wo sich auf demselben Baume in der inneren Partie der Krone grüne und an der äußeren vergilbte Blätter befanden, nahmen wir am selben Tage Blätterproben und zwar mehrere schöne grüne Blätter und mehrere vollkommen gelb gewordene Blätter und analysierten sodann wieder die Benzolextrakte. Die Analysenresultate waren nun folgende:

Tabelle II.

	Trockengewicht der Benzol-Extrakte	Gefundene Mengen an $Mg_2P_2O_7$	Gefundene Mengen an P in % des Trockengew. der Extrakte
Grüne Blätter von Ahorn	1,326	0,0246	0,518 %
Gelbe Blätter von Ahorn	0.9621	0,0013	0,036 %

Dieselben Resultate haben wir bei Beobachtung der Zuckerrübe gewonnen. Die Trockensubstanz der Benzolextrakte der grünen Blätter hat immer einen Phosphorgehalt von 0,7—0,9 %, während der Benzolextrakt aus den gelb gewordenen Blättern einen Phosphorgehalt von bloß 0,01—0,03 % aufwies. Aus diesen Resultaten ist ferner ersichtlich, daß durch die Zersetzung des Chlorophylls der Phosphor aus den Blättern verschwindet, nachdem die Funktionen des ersteren beendet erscheinen. Diese Beobachtung hat Stoklasa schon vor 10 Jahren gemacht und ihre Ergebnisse publiziert. Die Ansichten E. Stahl's über das Vergilben des Laubes (siehe Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft, Heft IX, 1907) sind daher nicht neu.

Wir führen weiter die Daten der Analysen an, welche wir mit den Blättern verschiedener Pflanzen ausgeführt haben. In der Tabelle III sind diese Analysenresultate unserer Versuche niedergelegt.

Aus allen diesen Analysen geht hervor, daß wir in sämtlichen 18 Untersuchungsfällen nicht ein einziges Mal auf einen so niedrigen Phosphorgehalt gestoßen sind, wie ihm Willstätter auf Seite 56 seiner Arbeit als durchschnittlichen Höchstgehalt an Phosphor im Rohchlorophyll angibt. Die an dieser Stelle angegebenen Zahlen bewegen sich zwischen Spuren und hundertstel Prozenten. Frappieren muß es, daß sich Willstätter auf einigen Seiten seiner Arbeit betreffs der Angaben über den Phosphorgehalt im Rohchloropyll widerspricht. Auf Seite 54 gibt er, wie oben erwähnt, nur Spuren von Phosphor im Rohchlorophyll an; aber in der Tabelle I (zur Seite 72) findet er in den Blättern der Petersilie in zwei Fällen 0,44 % Phosphor. In derselben Tabelle I konstatiert er in 6 Fällen (frische und trockene Brennessel) Spuren von Phosphor und in frischem und trockenem Grase Phosphormengen, die sich zwischen 0,07 und 0,13 % bewegen. In getrocknetem Spinat fand er 0,13 %, während

wir im Spinat immer über 1 % Phosphor und im trockenen Grase ca. 1 % Phosphor sichergestellt haben.

Die von Willstätter gefundenen Phosphormengen in den Blättern derselben Pflanzenarten, die auch wir untersucht haben, sind daher ca. 10 mal geringer als die von uns gefundenen; eine Differenz, die sich sicherlich aus der differierenden Provenienz und verschiedenen Vegetationsfaktoren (Boden, Luft, Standort usw.) nicht erklären läßt, obwohl wir bei Gewinnung der Benzolextrakte dasselbe Verfahren genau eingehalten haben, wie es Willstätter

Tabelle III.

No.	Pflanzenart	Gewicht d. Alkohol-Extrakte (Trocken-gew.) in g	Gewicht d. Benzol-Extrakte (Trocken-gew.) in g	Gefundene Menge an $Mg_2P_2O_7$ in g	P in % des Trocken-gewichtes der Extrakte
1	Spinatblätter	2,2506		0,1006	1,24
2	Spinatblätter, junge u. alte	2,0815	1,0842	0,0596	1,54
				0,1057	1,41
		0,99		0,0045	0,12
3	Milzfarn *(Asplenium)*		0,78	0,0238	0,85
4	Blätter von *Convallaria majalis*		0,4284	0,0054	0,35
5	Hühnerdarm (*Stellaria media*)		0,5491	0,0078	0,39
6	Weizenblätter		0,3319	0,0041	0,34
7	Roggenblätter		0,4074	0,0053	0,36
8	Haferblätter	1,3215		0,0106	0,22
9	Blätter von Roßkastanie	2,7266		0,0135	0,14
			0,4249	0,0091	0,59
10	Weinstockblätter		0,1681	0,003	0,50
11	Tannennadeln		1,913	0,0278	0,404
12	Gras	1,0171		0,0265	0,73
13	Gras	0,7688		0,0284	1,02
14	Trockenes Gras		1,0171	0,0265	0,73
15	Trockenes Gras		1,673	0,0556	0,927
16	Trockenes Gras		1,8114	0,0604	0,929
17	Trockenes Gras		1,7987	0,0583	0,903
18	Blätter der Zuckerrübe		0,943	0,0268	0,79

angewendet hat. Wir müssen deshalb offen erklären, daß es uns ein unfaßbares Rätsel ist, wie Willstätter zu so auffälligen, von den unsrigen so abweichenden Untersuchungsergebnissen gekommen ist. Wir haben alle denkbaren Operationsfehlerquellen berücksichtigt. So haben wir, um nur die wichtigsten anzuführen, die Substanz der zerriebenen Blätter einmal nur kurze, das andere Mal durch längere Zeit extrahiert; wir haben weiter nicht nur im Dunkeln, sondern auch bei voller Einwirkung des Tageslichtes gearbeitet, wir haben endlich auch die Alkohol- und Benzol-Extrakte dem Lichte ausgesetzt, um etwaige Operationsfehler aufzuklären. Obzwar wir schließlich alle diese Fehlerquellen in unseren Kalkül gezogen haben, erhielten wir doch niemals so niedrige Re-

sultate des Phosphorgehaltes, daß sie uns gestatten würden, die Befunde Willstätters als auch nur im Bereiche einer reellen Möglichkeit gelegen zu akzeptieren. Der Phosphorgehalt ist bei Berücksichtigung aller dieser Eventualitäten niemals auf $^1/_{100}$ % oder gar auf Spuren, „die von Verunreinigungen herrührten", herabgesunken. Man könnte da einwenden, daß wir ja selbst bei gewissen Pflanzenarten, wie z. B. bei den Blättern der *Convallaria majalis* und der Hafer- und Weizenpflanze ebenfalls nicht mehr als bis 0,3 % Phosphor in dem Trockengewichte der Benzolextrakte nachgewiesen haben. Der niedere Phosphorgehalt im Trockengewichte der Benzolextrakte läßt sich aber dadurch erklären, daß trotz des Entmischungsverfahrens mit Benzol sich das Karotin und verschiedenartige andere Verbindungen aus den Alkoholextrakten gewisser Pflanzenarten nicht vollständig abscheiden lassen. Wir betonen hier ausdrücklich, daß das Reinchlorophyll aus gewissen Pflanzenarten nur schwer, manchmal überhaupt nicht abgeschieden werden kann. Erst durch Abdampfen der Benzolextrakte und neuerliche Auflösung des Rückstandes in Alkohol und Anwendung eines weiteren Entmischungsverfahrens steigert sich der Phosphorgehalt allmählich in den Benzolextrakten, und so gelang es uns denn auch tatsächlich, die Phosphorextraktion aus Weizen- und Roggenblättern auf 0,7 % bis 0,9 % zu erhöhen. Daraus ist zu ersehen, daß, was auch schon von anderen Chlorophyllforschern ausgesprochen wurde, die chemische Natur des Chlorophylls nicht in allen Pflanzenarten die gleiche ist.

M. Tswett[1]) versuchte in einem Artikel, betitelt „Ist der Phosphor an dem Aufbau der Chlorophylline beteiligt?" die Divergenz der analytischen Befunde aufzuklären, welche zwischen den Untersuchungen Willstätters und den unserigen in bezug auf den Phosphorgehalt im Rohchlorophyll bestehen. Wiewohl der Autor sich in der Einleitung zu seiner Arbeit dahin äußert: „Es wäre offenbar höchst unwissenschaftlich, einer vorgefaßten Meinung zuliebe die Richtigkeit der Bestimmungen des einen oder des anderen Forschers zu bezweifeln, sondern man muß, um die Frage zu beurteilen, beide Zahlenreihen berücksichtigen", sagt er doch in den unmittelbar darauffolgenden Zeilen, diesen einzig richtigen Standpunkt einer gerechten Kritik verlassend und in Inobjektivität verfallend wörtlich: „Betrachten wir zunächst den Phosphorgehalt der Rohextrakte von Chlorophyll. Willstätter bereitete dieselben aus getrockneten, in diesem Zustande während Wochen oder Monaten aufbewahrten Blättern oder aus zerstampftem, frischem Material, welches zuerst in Holzgeist digeriert wurde, um es vom Wasser zu befreien." Tswett fährt ferner fort: „Beim Aufbewahren des getrockneten Materials kann es nun sehr wohl geschehen, daß Lecithane oder Phosphatide ihre Löslichkeit in Alkohol teilweise einbüßen. Es ist bekannt, daß Lecithin in dieser

[1]) M. Tswett, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. H. 3. 1908.

Hinsicht unbeständig ist und daß es sogar beim Liegen an der Luft nicht nur in Alkohol, sondern auch in Äther teilweise unlöslich wird. Beim präliminieren Digerieren der frischen Blätter in Holzgeist findet aber möglicherweise ein Auslaugen der Lecithane statt oder ein Unlöslichwerden derselben. (cf. Schulze und Lickirnick l. c.) Aceton ist kein gutes Lösungsmittel für das Lecithin."

Stoklasa[1]) und seine Mitarbeiter haben aber ihre Rohextrakte aus kurz getrockneten, wasserhaltigen Blättern hergestellt, welche dann direkt mit Methyl- oder Äthylalkohol ausgezogen wurden. Es ist einleuchtend, daß unter diesen Umständen auch die farblosen Lecithane der Blätter, dessen Existenz Stoklasa wohl nicht in Abrede stellt, in Lösung gehen müssen."[2])

Hierzu müssen wir zunächst bemerken, daß wir grüne Blätter, frisch gepflückte und keineswegs, „kurz getrocknete" Blätter verwendeten, wie der genannte Autor annimmt, und daß unsere Trocknung nur so weit ging, als sie zur Beseitigung des Waschwassers erforderlich gewesen ist. Um ganz genau zu sein, müssen wir hinzufügen, daß es sich nur um eine Abtrocknung der Oberfläche der Blätter gehandelt hat und keineswegs um eine Trocknung und Entfernung der Vegetationswässer in der Blattsubstanz.

Es ist somit nicht zu bestreiten, daß unser Rohchlorophyllextrakt weit eher den Anspruch hat auf die Bezeichnung eines intakten Chlorophylls, als jener Willstätters, dessen Ausgangsmaterial alte, welke und trockene Blätter gebildet haben, welche obendrein der Einwirkung des Lichtes, der Luft und vielleicht auch den Einflüssen bakteriologischer oder enzymatischer Natur ausgesetzt gewesen sind; kurz der von Willstätter gewonnene alkoholische Extrakt enthielt ein kadavriertes und alteriertes Chlorophyll. Durch die erwähnten Wirkungen konnte es geschehen, daß das intakte Chlorophyll zersetzt und seine phosphatidische Komponente ebenso eliminiert wurde, wie durch die Einwirkung der in der Pflanzenzelle vertretenen verdünnten organischen Säuren (Oxalsäure usw.), das Magnesium aus dem Chlorophyllmolekül eliminiert wird, wie Willstätter dies nachgewiesen hat. Damit wäre erwiesen, oder ist erwiesen, warum manche Forscher im Rohchlorophyll das Magnesium nicht gefunden haben. Selbst Willstätter äußert sich in seiner Arbeit[3]): „Bei der Reaktion mit Säuren, selbst mit schwachen, tritt nämlich das Magnesium sehr leicht aus. Bei der Einwirkung von Oxalsäure erhielten wir ein mit olivbrauner Farbe lösliches Derivat, das keine Asche mehr gibt; es soll Phäophorbin, genannt werden (von phorbe, Kraut)".

Ganz dasselbe kann auch betreffs des Phosphors der Fall sein, jedoch mit dem Unterschied, daß der Grund der Aus-

---

[1]) Stoklasa, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. 26a. p. 69.
[2]) Willstätter, Liebigs Annalen der Chemie 350. 1906.
[3]) Willstätter, Über kristallisierte Chlorophylle. (Justus Liebigs Annalen der Chemie. 1908. H. 3.

scheidung der Phosphorkomponente aus dem Chlorophyll bisher nicht aufgeklärt ist und diese ebenso durch die Wirkungen des Lichtes, der atmosphärischen Oxydation, oder der Bakterien oder schließlich der Tätigkeit der Enzyme herbeigeführt worden sein konnte.

Von großer Bedeutung sind gewiß die Untersuchungen, welche Hans Vageler[1]) über das Vorkommen von Phosphatiden in vegetabilischen und tierischen Stoffen vornahm. Er fand, daß sich beim Trocknen in Alkohol lösliche Phosphatide zersetzen und äußert sich in seiner diesbezüglichen Arbeit wie folgt:

„In Übereinstimmung mit Soxhlet konnte auch ich konstatieren, daß die Abnahme der in Alkohol löslichen Phosphatide um so beträchtlicher war, je länger der Prozeß des Trocknens andauerte. Auch gebe ich zur Erleichterung der Beurteilung der Beschaffenheit der Substanz den Wassergehalt mit an. Es gelangte einmal frisches Gras zur Untersuchung mit einem Wassergehalt von 85,55 %, dann wurde eine Probe desselben Grases 10 Stunden bei 70 bis 80° getrocknet; der Wassergehalt betrug jetzt 4,898 %. Eine zweite Probe wurde ca. 2 bis 4 Tage unter öfterem Wenden auf Sieben ausgebreitet, lufttrocken gemacht, und zwar bei offenem Fenster und Sommerwärme, aber im Schatten. Der Wassergehalt des so erhaltenen Grasheues betrug noch 24,02 %. Die Untersuchung, auf Trockensubstanz bezogen, ergab folgendes:

	Phosphor %
Gras frisch	0,0780
Gras getrocknet	0,0584 .
Grasheu	0,0333

Der Phosphorgehalt ist also um die Hälfte gesunken.

Vageler bestätigt unsere früheren Untersuchungsergebnisse, die dahin lauten, daß durch Trocknen der Pfanzenmasse die Phosphatide, die als Bestandteil des Chlorophylls zu betrachten sind und in Alkohol und Äther löslich sind, in solche Verbindungen übergehen, die in Alkohol und Äther unlöslich sind. Natürlich glaubt Willstätter, daß das von uns geäußerte Bedenken, daß bei dem Trocknen durch verschiedenartige Einflüsse sich das Chlorophyll in der Weise ändert, daß Phosphor nicht mehr in Lösung übergeht, nicht stichhaltig ist. Wie wir uns aber überzeugten, ist Willstätters Anschauung völlig irrig.

Daß Willstätter, im Gegensatze zu der Annahme Tswetts, in seinem eigenen alkoholischen Rohchlorophyllextrakte mehr Lecithin bekommen hat, wenn er zuerst die zermalmten Blätter zur Beseitigung des Wassers mit Alkohol digerierte und dann erst die Extraktion mittels Alkohols durchführte, als wenn er direkt

[1]) H. Vageler, Untersuchungen über das Vorkommen von Phosphatiden in vegetabilischen und tierischen Stoffen. (Biochem. Zeitschr. Bd. XVII. 1909. p. 189.)

extrahiert hätte, ohne vorher erfolgter Digestion, wie wir dies getan haben, ist ja klar. Bei dieser Operation wird infolge des stets vorhandenen vegetativen Wassers in den Blättern der Alkohol, der zur Extraktion verwendet wird, verdünnt.

Es sind also von den gegenwärtigen Phosphatiden in alkoholische, mit Vegetationswasser verdünnte Chlorophyllextrakte weniger übergegangen, als bei der Extraktion mit nicht verdünntem Alkohol, wie dies bei dem Vorgang Willstätters der Fall gewesen. Übrigens, die Frage der Nichtanwesenheit der farblosen Phosphatide behandeln wir später auf Grund unserer Untersuchungen.

Was die Bezeichnung „Reinchlorophyll" betrifft, so waren wir weit entfernt davon, mit dieser Bezeichnung die Einheitlichkeit des Produktes andeuten zu wollen; vielmehr bezeichneten wir mit diesem Ausdruck nur das Produkt, das wir durch verschiedene Reinigungsoperationen erhalten hatten, ebenso, wie wir uns im Laufe der Arbeit dessen bewußt wurden, daß das Produkt, das wir durch die Extraktion erhalten, nur ein postmortales Produkt ist. Gerade der Umstand, daß wir zu den Entmischungsverfahren Benzol verwendet haben, was uns Tswett ausstellt, und daß es notwendig ist, mehr Wasser hinzuzufügen als bei Verwendung von Kohlenwasserstoff (Benzin, Petroleumbenzin), damit die Kyanophyllen- und Xanthophyllen-Zonen sich zu bilden vermögen, spricht für unsere Anschauung, daß die eventuell gegenwärtigen farblosen Lecithine in die Schichte der Kyanophyllen nicht hineingekommen sind. Durch Parallelversuche, d. i. mit Lecithinpräparaten, welche den alkoholischen Chlorophyll-Lösungen beigemengt sind, haben wir gefunden, daß bei der Ausschüttelung mit Benzol und Hinzufügung von so viel Wasser, daß dadurch die Abscheidung von Schichten zum größeren Teile bewirkt wird, die Lecithine nicht in das Benzol übergehen, wie Tswett supponiert, sondern zum größten Teile in der Emulsion, welche sich bei dieser Methode an der Grenze beider Schichten bildet, suspendiert werden, wie auch Just in unserem Laboratorium konstatiert hat.

Tswett benutzte auch das Benzol beim Krausschen Entmischungsverfahren wie wir, und das so gewonnene Produkt (nachher noch mit Petroläther vermischt und mit Wasser ausgeschüttelt) teilte er durch seine sogenannte chromatographische Adsorptionsmethode. Er schreibt diesbezüglich: „Es entstanden folgende Zonen (von oben nach unten):

A. Farblose Zone (Phosphatide?).
B. Gelbgrüne Zone (Chlorophyllin β).
C. Grünblaue Zone (Chlorophyllin α).
D. Gelbe Zone (Xanthophylle)."

Ohne daß Tswett irgend eine analytische Unterlage, durch welche wir weiter unten seine Methode ergänzen, angeführt hätte, schreibt er weiter:

„Die grüne Benzolphase enthält nämlich außer den beiden Chlorophyllinen, Xanthophylle und Karotin, noch farblose Bei-

mischungen, welche möglicherweise aus organischen Phosphorverbindungen bestehen."

Sämtliche vorher angeführten Gründe Tswetts können Gegenstand einer Diskussion sein; es ist aber absolut unstatthaft, daß Tswett, keineswegs auf Grund von analytischen Daten, durch welche wir unsere Erörterungen fundieren, sondern auf Grund der oben angedeuteten, bloß spekulativen Erwägungen folgende Deduktion aufzustellen sich für berechtigt hält.

Tswett geht sogar so weit, folgenden Ausspruch zu tun: „Wir müssen daher schließen, daß die Beteiligung des Phosphors an dem Aufbau der Chlorophylline in einigen Fällen fast sicher ausgeschlossen ist."

Daß diese letztere Behauptung Tswetts eine übereilte ist, beweisen nicht allein etwa von uns aufgestellte Voraussetzungen, sondern exakte Experimente, welche wir in Befolgung seiner eigenen Methode durchgeführt haben, die er in der Abhandlung „Adsorptionsanalyse, chromatographische Methode, Anwendung auf die Chemie des Chlorophylls" [1]) beschreibt. Wir haben jedesmal 1 kg frischer, reiner Blattsubstanz der großen Klette *(Lappa major)* benützt. Die für das Experiment bestimmte Blattsubstanz wurde zerkleinert, mit feinstem Schmirgel unter Zugabe von Calciumkarbonat zerrieben und die so gewonnene Masse mittels Äthylalkohols extrahiert. Das grün gefärbte Filtrat wurde sodann mit Benzol versetzt und so lange Wasser zugefügt, bis sich die bekannten zwei Phasen gebildet hatten, nämlich die tiefgrüne und die gelbe.

Die smaragdgrüne Benzollösung wurde nun in der beschriebenen Weise mittels wässerigen Alkohols ausgeschüttelt. Nach dieser Operation erfolgte die Vermischung der grünen Benzollösung mit Petroläther, worauf der Extrakt mit destilliertem Wasser sorgfältig und gründlich ausgewaschen wurde, um auf diese Weise den Alkohol vollständig zu entfernen. Hierauf wurde die Lösung der chromatographischen Zerlegung zugeführt. Diese letztere erfolgte bei vollständigem Lichtabschluß. Die ganze Adsorptionsanalyse wurde in einem Glaszylinder, in welchem sich eine 40 cm hohe und 10 cm im Durchmesser fassende Calciumkarbonatschicht befand, vorgenommen. Zu erwähnen erübrigt noch, daß das Calciumkarbonat chemisch rein, bei 150° C getrocknet und vor der Verwendung auskühlen gelassen wurde.

Die durch die Adsorption entstandenen, verschiedenfarbigen Schichten, deren Grenzen gut erkennbar waren (wenn sie auch nicht scharf genug markiert gewesen sind), wurden mit dem Messer geteilt und mittels absolutem Äthylalkohol extrahiert. Die eben beschriebene Operation wurde zehnmal nacheinander mit je 1 kg Blattsubstanz vorgenommen und jedesmal die alkoholischen Extrakte der einzelnen Zonen vereinigt und abgedampft, so daß stets zu einem vollen Versuche 10 kg an Blattsubstanz verwendet worden sind. Sämtliche Operationen haben wir zweimal wiederholt, so daß insgesamt 20 kg Blattsubstanz, d. i. à 10 kg per Versuch,

---

[1]) Tswett, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1906, Heft 7.

zur Verarbeitung gelangten. Die nachstehende Tabelle IV zeigt uns die Durchschnittsresultate der beiden Hauptversuche an. In den abgedampften alkoholischen Extrakten wurde hierauf der Phosphor resp. die Phosphorsäure nach den schon von uns erwähnten Methoden bestimmt.[1])

Wir haben nachstehende Zonen erhalten:

1. Eine sattgrüne Zone.
2. Eine lichtgrüne Zone.
3. Eine smaragdgrüne Zone.
4. Eine gelbe Zone, welche nach demselben Forscher aus dem Xanthophyll besteht.
5. Eine farblose unterste Zone.

Tabelle IV.

Zonenfolge	Durchschnittl. Höhe der Zone in cm	Verfärbung	Menge d. Trockensubstanz in g	Gefundene Menge $Mg_2P_2O_7$ in g	Phosphorgehalt im $Mg_2P_2O_7$ in g	Phosphor in %
I.	7	sattgrün	0,9722	0,0345	0,0096	0,98
II.	10	lichtgrün	0,8726	0,0255	0,0070	0,80
III.	4	blaugrün	0,3068	0,0092	0,0026	0,84
IV.	10	gelb	0,7625	0,0036	0,0010	0,13
V.	10	farblos	0,2865	0,0058	0,0016	0,56

Die Gestaltung der Phasen war in unserem Falle eine etwas andere, als sie sich bei den Experimenten Tswetts ergeben hatte; Tswett hat als oberste eine farblose Zone erhalten, betreffs welcher er sagt, daß sie die Phosphatide enthält. Die gelbgrüne und grünblaue Zone sollen nach ihm die Chlorophylline α und β enthalten. Die gelbe Zone besteht wesentlich aus den Xantho-

[1]) Die Phosphorsäure wurde in Form von Magnesium-Pyrophosphat nach vorangegangener Fällung als Ammonphosphormolybdat bestimmt. Bei dieser Bestimmung der Phosphorsäure ist zu erwähnen, daß von H. Neubauer (Zeitschrift für angewandte Chemie 1896, 439), F. A. Gooch (Zeitschrift f. anorganische Chemie, XX, S. 135) hervorgehoben wird, daß in dem Falle, wenn die Fällung der Phosphorsäure in der Kälte vor sich geht, das Magnesiumammoniumphosphat schwer herausfällt, rein nicht zu erhalten ist und dasselbe bald mit Mg_3PO_4, bald mit $Mg(NH_4)_4PO_4)_2$ verunreinigt ist. Wir können jedoch mit den Anschauungen von B. Schmitz (Zeitschrift für analytische Chemie, 1906, S. 512), Järvinen (ebendort 1905, S. 333) und Jörgensen (ebendort 1906, S. 278), wonach die Fällung in der Hitze vorgenommen werden muß, nicht übereinstimmen. Unsere analytischen Versuche mit chemisch reinen Monophosphaten haben dargetan, daß, wenn man die Phosphorsäure als Ammonphosphormolybdat fällt, die gefällte Masse nach dem Auswaschen in warmem Ammoniak löst und dann die Lösung mit Salzsäure so lange versetzt, bis der entstehende gelbe Niederschlag sich in der ammoniakalischen Flüssigkeit langsam wieder löst und endlich behutsam mit filtrierter, tropfenweise zugesetzter Magnesiamixtur fällt, die Lösung genügend warm ist, und sie nicht zum Sieden zu erhitzen braucht. Man erhält dann immer das Magnesiumammoniumphosphat in ganz reinem, grob-kristallinischem Zustande.

phyllen. Die gelbe Flüssigkeit, welche Tswett als Karotinlösung betrachtet und die bei seinen Versuchen aus der Adsorptionsröhre geflossen ist, trat bei unseren Versuchen nicht auf.

Nun betrachten wir die Resultate unserer eigenen Untersuchungen: Wir finden, daß alle Zonen von grüner Farbe, welche die Chlorophylline α und β enthalten, einen großen Phosphorgehalt in der Trockensubstanz aufweisen und zwar die dunkelgrüne Zone 0,98 %, die lichtgrüne 0,80 % und die smaragdgrüne Zone 0,84 %. Diese drei Zonen ergeben zusammen ca. 2,1516 g Trockensubstanz mit einem Phosphorgehalt von 0,0192 = 0,89 %, welchen 0,7625 g an Trockensubstanz der gelben Zone mit 0,001 g Phosphor = 0,13 % Phosphor der Xanthophylle gegenüberstehen.

Besonders interessant ist die farblose Zone, in der nach Tswett die Phosphatide enthalten sein sollen. Wir fanden, daß einer Gesamttrockensubstanz per 0,2865 g mit einem Phosphorgehalte von 0,0016 g, d. i. 0,56 % Phosphor, entsprechen.

In der folgenden Tabelle V sind die genauen Resultate unserer Untersuchungen in übersichtlicher Weise niedergelegt. Zunächst ist an diesen Resultaten beachtenswert, daß von dem Gesamtphosphorgehalt 88,08 % auf die grüne Zone entfallen, ferner bloß 4,58 % des gesamten Phosphorgehaltes auf die gelbe und 7,34 % auf die farblose Zone kommen. Dieses Verhältnis des Phosphorgehaltes der einzelnen Zonen ist doch sicherlich ein unverwischliches Dokument dafür, daß der Phosphor tatsächlich in der grünen Zone vertreten ist, wobei noch besonders der Umstand in die Wagschale fällt, daß die analysierten Präparate nach der Tswettschen Methode getrennt worden waren. Die aus der Tabelle V zitierten Ziffern sind ferner ein sprechender Beweis dafür, daß die seitens Tswetts aufgestellte Behauptung, welcher zufolge: „Die Beteiligung des Phosphors an dem Aufbau der Chlorophyllane in einigen Fällen fast sicher ausgeschlossen ist (Willstätters Befunde), in anderen aber sehr problematisch erscheint“, durch unsere Versuche entschieden dementiert wird; denn die Annahme, daß eine Verunreinigung des analysierten Chlorophyll-Präparats durch Phosphatide, obendrein in einem Prozentsatze, wie wir den Phosphorgehalt konstatiert haben, stattgefunden haben könne, erscheint ganz unstichhaltig.

Tswett stellt aber noch folgende Behauptung auf: „Die von Stoklasa mitgeteilten, sehr variablen Zahlen für den Phosphorgehalt der Benzolphase bei verschiedenen Pflanzen und bei derselben Pflanze (Ahorn) für verschiedene Jahreszeiten sprechen vielmehr zugunsten einer variablen Beimischung von Phosphatiden, als für eine variable Zusammensetzung der Chlorophylline (des mythischen Chlorophylls).“

Wir haben zur Entkräftigung dieser seiner Behauptung wiederholt die Adsorptionsmethode Tswetts benützt, wobei wir wieder die Blätter desselben Baumes (Ahorn) der Beobachtung zugrunde gelegt haben, und zwar das einemal im Monat Mai, das anderemal im Monat September. Die Gesamt- oder Rohchlorophyll-Lösung wurde nach der beschriebenen Methode bereitet.

Was haben wir nun bei diesen Untersuchungen gefunden?

Wir haben gefunden, daß die Extrakte aus den Blättern (Gesamt- oder Rohchlorophyllextrakte), die wir im Monat Mai untersuchten, nachstehenden Phosphorgehalt in den einzelnen Zonen aufwiesen:

Die drei grünen Zonen ergaben einen Phosphorgehalt von 1,1 %, die gelbe Zone einen Phosphorgehalt von 0,1 % und schließlich die farblose Zone einen solchen von 0,3 %.

Im Monat September, um welche Zeit die Blätter bei uns bereits gelbgrün zu werden beginnen, ergaben sich für den Phosphorgehalt der Blätterextrakte folgende Daten: Die drei grünen Zonen enthielten 0,25 %, die gelbe Zone 0,2 % und die farblose Zone 0,38 % Phosphor. Der unvoreingenommene Leser merkt also sofort, daß mit dem Verschwinden des Chlorophylls aus dem Blatte auch der Phosphorgehalt aus den grünen Zonen fast völlig verschwunden ist, somit mit Fug und Recht, ohne der Logik den geringsten Zwang anzutun, auf einen Kausal-

Tabelle V.

Zone	Gehalt an Trockensubstanz in g	Von der Gesamttrockensubstanz entfallen % auf:	Phosphorgehalt in g	Phosphor in d. entsprechenden Trockensubstanz in %	Von dem Gesamt-Phosphorgeh. entfallen % auf:
Drei grüne Zonen	2.1516	67,23	0,0192	0,89	88,08
Gelbe Zone	0,7625	23.82	0,0010	0,13	4,58
Farblose Zone	0,2865	8,95	0.0016	0,56	7,34

nexus zwischen dem Vorhandensein des Chlorophylls im Blatte und dem Phosphor in dem ersteren geschlossen werden darf.

Dabei haben wir gar nicht die Absicht, die Selbstverständlichkeit zu bestreiten, daß ein gewisser Prozentsatz des Phosphorgehaltes der Extrakte der Blattsubstanz (Gesamt- oder Rohchlorophyll) den Phosphatiden der farblosen Zone angehört, aber diese Mengen bleiben, wie wir gesehen haben, im Frühjahre wie im Herbst fast konstant.

Etwas Ähnliches haben wir betreffs des Phosphorgehaltes in der gelben Zone beobachtet.

Ganz anders verhalten sich aber die grünen Zonen. Betreffs dieser haben wir gefunden, daß mehr als 80 % des gesamten Phosphorgehaltes im Monat September verschwindet. Diese Tatsache spricht doch deutlich genug für eine variable Zusammensetzung der Chlorophylline, während die „Beimischung" der Phosphatide (im Gesamt- oder Rohchlorophyll) offenkundig eine fast konstante ist. Durch unsere analytischen Untersuchungen waren wir in der Lage sicherzustellen, daß die im Wege des Kraus'schen Entmischungsverfahrens hergestellten Benzolphasen im Monat Juni und Juli einen Phosphorgehalt von 1,3 %, im Monat Oktober aber nur 0,059 % enthalten haben. Das Ver-

schwinden der grünen Farbe ist somit sicherlich ein Zeichen, daß in zwingender Weise auch das Verschwinden des Phosphors indiziert, obendrein aber sich in vollständiger Harmonie mit der chromatographischen Zerlegung befindet, von welcher Tswett selbst sagt: „Daß sie schon jetzt als mächtiges Kontrollmittel anwendbar sei“ und daß „von keinem Farbstoffpräparate behauptet werden könne, dasselbe sei eine definierte reine Substanz, wenn es sich nicht auch in der chromatographischen Probe als einheitlich erweist.“

Wir wundern uns, daß Tswett Molisch den Beweis über die Nichtanwesenheit des Eisens im Chlorophyll vorhält, daß er das Material vorerst 10 Minuten lang im Wasser aufgekocht hat, wodurch die Abspaltung des Eisens aus dem Chlorophyll leicht hätte erfolgen können, und daß Tswett bei seiner Kenntnis dieses labilen Verhaltens des Chlorophylls nicht früher Willstätter vorgeworfen hat, daß er nicht frisches Material verarbeitete, dasselbe zerstörenden Einflüssen überlassend, wie dies speziell die Wärme und atmosphärische Kohlensäure, gewisse Enzyme und Bakterien für das Chlorophyll sind.

Auf Grund dieser Erwägungen über die Labilität des Chlorophyllmoleküls und der Leichtigkeit, mit welcher das Chlorophyll Elemente ausscheidet, welche ihm in vivo angehört haben, und andererseits jene, welche zu diesem Molekül im Blatt nicht gehört haben, substituiert oder addiert, waren wir genötigt, ein ganz anderes Verfahren, das wir übrigens bereits wiederholt beschrieben haben, einzuschlagen, als es von Willstätter in Anwendung gebracht wurde.

Aus unseren Beobachtungen können wir heute, ohne irgendwie der Logik Gewalt antun zu müssen, abstrahieren, daß die Angaben Willstätters[1]) über den Phosphorgehalt der Chlorophyllpräparate (Gesamt- oder Rohchlorophyll), die aus dem Methylalkohol- und Acetonextrakten hergestellt worden sind und betreffs welcher er nur Spuren oder bloß minimale Quantitäten gefunden haben will, nicht richtig sein können. Wir haben durch unzweifelhafte Versuche zu verschiedenen Zeiten konstatiert, daß die Chlorophyllpräparate wesentlich phosphorhaltig sind.

II. Chemische Zusammensetzung der im Handel vorkommenden Chlorophyllpräparate.

Präparat von Merck.

Zur Orientierung über die Eigenschaften des Chlorophylls wurde eine Reihe von analytischen Bestimmungen mit einem Präparat von Merck ausgeführt, welches als Chlorophyllpurissimum

[1]) Richard Willstätter, Zur Kenntnis der Zusammensetzung des Chlorophylls. (Liebigs Annalen der Chemie, Bd. 350, 1906.)

bezeichnet und frei von Carotenen war. Dasselbe erlitt im Vakuum bei 100° nur 4,68 % Trockenverlust. Es war amorf von olivbrauner Farbe und enthielt, wie durch mikrochemische Untersuchung festgestellt wurde, etwas Cholin.

Der Phosphorsäuregehalt, sowie die Stickstoffmenge wurde nach der Methode Kjelldahls und Dumas bestimmt und hierauf die Elementaranalyse, sowie eine Feststellung der Spaltungsprodukte vorgenommen.

Die Stickstoffbestimmung nach der Methode von Dumas erfolgte auf die Weise, daß eine gewogene Menge der Substanz in einem Hofmeisterschen Schälchen in Petroleumäther gelöst, mit geglühtem Kupferoxyd vermischt und im Trockenschranke bei 100° getrocknet wurde.

0,3231 g des Präparates (0,2932 g aschefreier Trockensubstanz) ergaben 9,65 cm³ Stickstoff bei 18,5° C und 741,5 mm Druck. Der Stickstoffgehalt betrug also 3,65 %. Die Methode von Kjelldahl-Willfahrt ergab niedrigere Resultate.

Für die Elementaranalyse wurde die abgewogene Menge des Präparates auf dem Schiffchen in einer auf der einen Seite zugeschmolzenen Röhre, die mit einer Wasserstrahlpumpe auf 100 mm evakuiert wurde, im Wasserdampfe bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, was sehr rasch erreicht wurde.

0,1486 g (0,1419 g aschefreier) Trockensubstanz ergaben 0,1315 g H_2O und 0,3630 g CO_2.

Bei dieser Untersuchung wurden folgende Resultate erzielt:

Tabelle VI.

	In der Trockensubstanz		In aschefreier Trockensubstanz
Asche	4,57 %	N nach Kjelldahl	2.24 %
Org. Stoffe	95,43 %	N nach Dumas	3,65 %
P_2O_5	0,64 %	C	69,80 %
		H	10,20 %
		Differenz ($O+P_2O_5$)	16,25 %

Sodann wurde der Phytolgehalt nach der von Willstätter[1]) und seinen Schülern ausgearbeiteten Methode bestimmt.

Eine abgewogene Menge von Chlorophyll wurde mittels 24prozentiger methylalkoholischer Natronlauge 2 Stunden mit Rückflußkühler gekocht, dann mittels Äther nochmals extrahiert, der Extrakt filtriert und das Filtrat mit Blutkohle entfärbt, eingedampft und im Kölbchen gewogen.

Die Phytolmenge betrug auf aschenfreie Substanz berechnet im ersteren Falle 22,55 %, im letzteren Falle 23,65 %, im Durchschnitt 23,10 %.

Die nach der Phytolextraktion zurückbleibende Seife wurde in heißem Wasser gelöst, mittels Salzsäure (oder Schwefelsäure)

[1]) Willstätter, Hocheder u. Hug, Annalen der Chemie, 371, 18, 1909.

schwach angesäuert, die trübe Flüssigkeit mittels Petroleumäthers, der umdestilliert und von höher als 50° siedenden Bestandteilen frei war, dreimal ausgeschüttelt. Sowohl die ätherische Lösung als auch die wässerige, trübe Flüssigkeit wurden durch einen gewogenen Goochtiegel mit Asbestschicht filtriert und so die durch die alkalische Spaltung gebildeten Phytochlorine, die zum größten Teile in Flocken in den Flüssigkeiten schwammen, möglichst quantitativ aufgefangen und mit etwas Petroleumäther (feucht) nachgewaschen und getrocknet.

Das Resultat der Phytochlorinbestimmung ist freilich etwas ungenau, weil einerseits etwas an Säuren zurückgehalten wird, anderseits, wie an der blauen Färbung des Filtrates ersichtlich ist, die verdünnte wässerige Salzsäure etwas auflöst. Das Resultat wird ohne Umrechnung in der Kolonne Phäophorbin angeführt, weil ein genauer Faktor noch nicht festgestellt wurde.

Nach der Entfärbung mittels Blutkohle wurde die petroleumätherische Lösung eingedampft und der Rest gewogen. Ein Teil der Fettsäuren ging jedoch mit den Petroleumätherdämpfen verloren.

Aus dem Stickstoffgehalt 9,42 %, berechnet nach der Formel für Phäophorbin $C_{34}H_{34}N_4O_6$, ergibt sich ein Phäophorbingehalt des Präparates von 38,74 %.

Die Resultate sind folgende:

Tabelle VII.

	Präparat %	Phytol %	Phäophorbin %	Glyceridrest %	Glyceridrest auf 100 % berechnet. %
C	69,80	18,71	26,60	24,49	64,43
H	10,20	3,14	2,23	4,83	13,25
N	3,65	—	3,65	—	—
O	15,65	1,25	6,26	8,14	22,32
P_2O_5	0,70	—	—	0,70	—
	100,—	23,10	38,74	38,16	100,00

Die elementare Zusammensetzung des Glyceridrestes entspricht einer sauerstoffreicheren Säure. Das Glycerin wurde nur qualitativ im Destillate der wässerigen Flüssigkeit nach der Phytochlorinbestimmung mittels Lauge und Kupfersulfatlösung nachgewiesen.

Die organischen Säuren.

Es wurden bei der Hydrolyse 0,25 g Säuren erhalten, woraus eine geringe Menge fester Säure auskristallisierte, die auf einem porösen Tonscherben abgesaugt wurde. Die Menge, auf dem Porzellanschiffchen gewogen, betrug 0,0551 g. Durch Verbrennen resultierten 0,1490 g CO_2 und 0,0681 g H_2O. Es entspricht dies:

		Theorie für Palmitinsäure	Ölsäure
	%	%	%
C	73,47	74,92	76,51
H	13,73	12,60	12,15
O	12,53	12,48	11,34

Es scheint dies Palmitinsäure gewesen zu sein, denn der Schmelzpunkt dieser Säure war 60°, während jener der Palmitinsäure 62° ist.

III. Mikrochemische Untersuchungen des im Handel vorkommenden Chlorophylls.

So viel uns bekannt ist, hat es noch niemand versucht, das Handelschlorophyll mikroskopisch und mikrochemisch zu untersuchen. Wir dachten daher, daß es am Platze sein wird, ein solches Präparat, welches häufig als Ausgangsprodukt für die weiteren Untersuchungen über Chlorophyll benützt wird, einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

Wir wußten es wohl, daß dieses Präparat, das zumeist für technische Zwecke benützt wird, keinen einheitlichen Körper darstellt, sondern daß es vielmehr aus einigen Körpern zusammengesetzt ist und daß auch die Zusammensetzung dieses Rohchlorophylls je nach dem benützten Pflanzenmaterial verschieden sein wird.

Zur Untersuchung wählten wir das Präparat, welches die Firma Merck in Darmstadt unter der Bezeichnung „karotenfrei" in den Handel bringt. Dasselbe stellt eine pastenförmige, olivgrün gefärbte Substanz dar, welche einen eigentümlichen, extraktartigen Geruch besitzt.

Wenn wir etwas von dieser Substanz zwischen 2 Gläschen möglichst stark zerdrücken und unter dem Mikroskope besichtigen, sehen wir, daß dieser Körper keineswegs homogen ist. Die Grundsubstanz, welche das meiste ausmacht, erscheint ziemlich einheitlich und ist etwa gelbgrünlich gefärbt; in derselben findet man eingebettet verschiedene Körper und zwar:

1. lange, nadelförmige oder säulchenförmige Kristalle (Taf. III, Abbildung 1).
2. undeutliche, stark lichtbrechende Oktaëder (offenbar oxalsauren Kalk (Tafel III, Abbildung 2).
3. größere Kristalle verschiedenster Gestalt, welche lebhaft an Phosphorsäure-Magnesia oder Phosphorsäure-Ammonmagnesia (Trippelphosphat) erinnern (Tafel III, Abbildung 3).
4. Sphärokristalle mit ungemein feiner Struktur, stellenweise von ziemlich lockerem Gefüge, welches aus radial angeordneten, ungemein feinen Kristallfäden zusammengesetzt ist (Tafel III, Abbildung 4).

Nicht selten finden wir mehrere von diesen Formen in größeren Klumpen vereinigt.[1]) Die Untersuchung dieses Präparates erfolgte zuerst in der Weise, daß wir etwas von demselben einer Sublimation unterworfen haben, indem wir eine gewisse Menge der Substanz in die Mitte eines mäßig ausgehöhlten Uhrschälchens legten und dieses dann mit einer Glasplatte bedeckten.

Diese Vorrichtung wurde auf eine Asbestplatte gestellt und darunter eine kleine Gasflamme angezündet. Schon nach kurzem Erwärmen entwichen aus der Probe die letzten Reste der Feuchtigkeit, welche das Glas beschlagen. Dieser Beschlag verschwindet später sehr rasch; bei weiterem Erwärmen wird das Glas wieder beschlagen, diesmal aber in anderer Weise als bei dem Wasserdampf. Es bildeten sich zuerst ganz kleine Tröpfchen in der Mitte des Glases, welche sich allmählich vergrößern, vereinigen und die Tendenz zeigen, am Glase auseinanderzulaufen.

Später zeigte die Substanz eine strahlförmige Anordnung und reichliche Verzweigung vom Zentrum zur Peripherie. Das Sublimat hat den charakteristischen Geruch der ursprünglichen Substanz angenommen. Unter dem Mikroskope besteht es aus großen, farblosen, oder schwach gelblich gefärbten, stark lichtbrechenden Tröpfchen von fettartigem Glanze. Diese Tröpfchen speichern mit Begierde Jod und färben sich rasch mit Sudan III und Alkannatinktur.

Nach einigen Stunden erstarren diese Tröpfchen zum Teile zumeist in der Mitte und es ließ sich unter dem Mikroskop beobachten, daß sich überaus zarte, fadenförmige, zu Büscheln geordnete Nadeln gebildet haben, welche im polarisierten Lichte einen prachtvollen Seidenglanz besitzen (Tafel III, Abbildung 8).

Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß das Sublimat aus irgend einer Fettsäure besteht.

Um den Nachweis zu erbringen, daß es sich tatsächlich um eine Fettsäure handelt, wurde ein Teil des Sublimates auf einen Objektträger übertragen und mit 10prozentiger Kalilauge versetzt. Sofort nach Zusatz der Kalilauge trübte sich die Masse und es bildeten sich stark lichtbrechende Tropfen und Kugeln, sowie auch unregelmäßige Massen, welche sich alsbald zu den schönsten Myelinformen auswuchsen (Tafel III, Abbildung 6 und 7). Später erstarrten die Massen kristallinisch und wurden durch Verseifung undurchsichtig.

Nach den Erfahrungen, welche einer von uns gelegentlich seiner Studien über Myelinformen gemacht hat[2]), handelt es sich hier mit größter Wahrscheinlichkeit um Ölsäure.

Eine weitere Frage, welche uns besonders interessierte, war die, ob unser Präparat (Rohchlorophyll) auch Cholin enthält, und ob dasselbe frei oder gebunden vorkommt. Nach Zusatz von einer starken Jodjodkaliumlösung zu dem Präparate können wir beob-

---

[1]) Frisch bereitete, grüngefärbte Chlorophyllpräparate sind homogen und enthalten keine kristallisierte Beimengungen.

[2]) Emanuel Senft, Über die Myelinformen bildende Substanz in Gingho-Samen. Pharmazeutische Post, 1907.

achten, daß die Substanz das Jod mit Begierde speichert, daß sich dagegen aber keine Kriställchen bilden. Somit ist also das Cholin in freiem Zustande nicht vorhanden. Wir haben es daher versucht, das in dem Präparat eventuell vorhandene Cholin in Freiheit zu setzen. Zu diesem Zwecke kochten wir etwas der Substanz etwa mit 2 cm^3 verdünnter Schwefelsäure (1 : 5).

Es erfolgte sogleich eine Lösung und ein Teil des Körpers blieb ungelöst und schied sich in Form von Schmiere ab.

Beim Kochen entwickelte sich ein charakteristischer Geruch, welcher jedoch ungemein schwer zu beschreiben ist. Nach längerem Kochen ließ sich ein Nebengeruch wahrnehmen, welcher etwa an Fische erinnert und den wir anläßlich unserer Studien über Myelinformen bei der Spaltung der Lecithine durch Schwefelsäure häufig zu beobachten Gelegenheit hatten.

Zu dem Filtrate wurde etwas starke Jodjodkalilösung zugesetzt. Nach längerer Zeit bildeten sich unregelmäßige und ziemlich leicht zufließende, jedoch genug charakteristische Kriställchen der Jodcholinverbindung. Die ganze Reaktion verlief recht träge und wir nahmen an, daß die Abspaltung des Cholins keine vollkommene war. Um daher eine stärkere Abspaltung des Cholins zu bewirken, haben wir ein Gramm des Rohchloropylls mit einer Mischung aus 30 Tropfen Salzsäure, 30 Tropfen Schwefelsäure und 5 ccm Wasser etwa $^1/_4$ Stunde gekocht, indem wir das verdunstete Wasser ersetzten, und filtrierten dann die gewonnene Lösung (Aufschwemmung). Das Filtrat war schmutzig, gelbgrün gefärbt; dasselbe wurde auf etwa 1 ccm eingeengt und von diesem Rückstande wurde dann ein Tropfen auf einen Objektträger gebracht, eine starke Jodjodkaliumlösung zugesetzt und das Präparat rasch mit einem Deckgläschen bedeckt. Es bildete sich sofort eine Trübung und etwa in 5 Minuten zeigten sich die ersten Kriställchen. Die Kristalle entwickelten sich erst ungefähr in 10 Minuten (Tafel III, Abbildung 9). Sie besaßen eine mahagonibraune Farbe, waren zumeist nur klein und zerflossen bald.

Neben diesen fanden wir aber manchmal recht ansehnliche Kristalle, welche sehr unbeständig waren und kaum, daß sie vollkommen ausgebildet waren, wieder rasch zerflossen. Bei der Auflösung der großen Kristalle bildeten sich ganz eigentümliche Spindelformen. Die Auflösung erfolgte nämlich allmählich von den Kristallenden ausgehend und die Mitte blieb am längsten erhalten.

Bei den Untersuchungen, welche wir anläßlich der Studien über Myelinformen angestellt haben, wurde nachgewiesen, daß das Lecithin nicht nur durch anorganische Säuren, sondern auch durch organische Säuren, Weinsäure, Oxalsäure, nach längerer Zeit Cholin abspaltet, und es wurde die Vermutung ausgesprochen, daß offenbar auch andere Pflanzensäuren nach längerer Einwirkung das Lecithin zu spalten vermögen.

Das Lecithin wird bekannterweise auch durch verdünnte Alkalien und wie wir konstatieren konnten, sogar schon durch das saure phosphorsaure Natrium (welches allerdings auch alkalisch reagiert) nach längerer Zeit gespalten.

Wir wollten uns, von unseren Erfahrungen über die Spaltung des Lecithins ausgehend, davon überzeugen, wie weit sich auch das Rohchlorophyll dem Lecithin analog verhalten wird. Zu diesem Zwecke versetzten wir eine bestimmte Menge der Chlorophyllpasta in einer Eprouvette mit einer 10prozentigen Lösung von saurem phosphorsaurem Natrium. Das Chlorophyll ging zum Teile ziemlich rasch in Lösung über und die Flüssigkeit färbte sich schmutzig gelbgrün.

Nach 10 Tagen hatte sich das Chlorophyll schon zum größten Teile aufgelöst und die Flüssigkeit nahm eine etwa olivbraune Farbe an. Die mikroskopische Untersuchung zeigte uns jedoch, daß es sich nicht um eine vollkommene Lösung, sondern bloß um eine Suspension handelt.

Das Chlorophyll wurde durch das saure phosphorsaure Natrium allmählich gequollen und kleine Partikelchen, welche sich davon abgelöst hatten, zeigten die schönsten Myelinformen. Durch Bewegung des Glases sowie auch durch Strömen der Flüssigkeit weggetragene Myelinformen zogen ungemein zarte lange Fäden nach, welche so dünn sind, daß sie selbst bei der stärksten Vergrößerung nur mehr schwach wahrnehmbar waren, denn ihre Dicke beträgt nur kleine Bruchteile eines μ.

Außer diesen Gebilden begegneten wir in dem Präparate zu Bündeln geordneten, überaus dünnen Fettsäurenadeln. Es handelte sich also hier ebenfalls, wie beim Lecithin, um eine Saponifikation.

Einen weiteren Versuch machten wir mit Weinsäure, indem wir etwas der Chlorophyllpasta mit einer 10prozentigen Lösung von Weinsäure versetzten und einige Tage stehen ließen.

Schon nach einigen Tagen konnte unter dem Mikroskope durch Zugabe von starker Jodjodkaliumlösung die Bildung der Florenz'schen Kriställchen (Cholin-Dijodid) nachgewiesen werden.

Dasselbe gilt auch von der Oxalsäure, mit welcher es uns ebenfalls gelungen ist, aus der Chlorophyllpasta nach längerer Zeit Cholin abzuspalten.

Im allgemeinen haben wir die mikrochemischen Reaktionen so durchgeführt, daß wir bei schwacher Vergrößerung auf dem Objektträger die Flüssigkeit mit dem Reagens versetzten, ohne die Probe mit einem Deckgläschen zu bedecken, welches Verfahren sich zur Orientierung sehr praktisch erwiesen hat, denn die Probe konnte rasch ausgeführt werden. Außerdem schieden sich die überaus leichten Kriställchen der Cholinverbindung auf der Oberfläche des Tröpfchens ab.

Bei positivem Ausfalle überzeugten wir uns von der Reaktion nochmals in der Weise, daß wir ein wenig der zu prüfenden Flüssigkeit auf einen Objektträger brachten, mit einem Deckgläschen bedeckten und vom Rande des Gläschens aus das Reagens zufließen ließen.

Im positivem Ausfalle bildete sich an der Stelle, wo das Reagens in die Probe eingedrungen ist, ein pulveriger Niederschlag, welcher sich bei Anwesenheit von Cholin früher oder später in die charakteristischen Florenz'schen Kriställchen umwandelte.

Es ist sehr ratsam, beim Anstellen dieser Probe das Präparat

anfangs ruhig stehen zu lassen, damit sich die Kriställchen besonders dort, wo wenig Cholin zugegen ist, gut ausbilden können.

Die Florenz'schen Kriställchen, besonders die kleinen, zeichnen sich durch eine grosse Labilität aus und zerfließen bald und das umsomehr, wenn auf das Gläschen ein Stoß verübt wird.

In gleicher Weise, wie mit Säuren, behandelten wir die Chlorophyllpasta auch mit 10prozentigem Ammoniak und 10prozentiger Kalilauge. In der Probe, welche wir mit Ammoniak aufgestellt haben, konnten wir nach 14 Tagen unter dem Mikroskope folgende Gebilde beobachten:

1. Außerordentlich große, auffallend blaßgrünlich gefärbte, wenig lichtbrechende Tropfen, welche am Rande manchmal deutliche Schichtung zeigten;
2. kleinere kompaktere Fett-Tröpfchen von olivgrün bis braungrüner Farbe (Tafel III, Abbildung 10);
3. braungelb gefärbte Schollen (Tafel III, Abbildung 11);
4. vereinzelte dünne, gebogene, zu Büscheln geformte Fettsäurenadeln und
5. kleinere oder größere Gruppen von Sphaeriten, welche deutlich radial angeordnete Kriställchen zeigen und manchmal auch eine Schichtung aufweisen (Tafel III, Abbildung 12).

Die Verseifung des Chlorophylls geht also mit Ammoniak ungemein rasch vor sich.

In der Probe, welche wir mit 10prozentiger Kalilauge angestellt haben, konnten wir unter dem Mikroskope beobachten, daß die Verseifung weit nicht so rasch vor sich ging wie bei Ammoniak, denn wir konnten in der Probe sehr schöne Myelintröpfchen finden.

Nach Zusatz von starker Jodjodkalilösung zu der mit Kalilauge angesetzten Probe, welche bereits einige Tage alt war, bildete sich zuerst ein schleierförmiger Niederschlag, dann erfolgte eine Tröpfchenbildung und erst nach einigen Minuten erfolgte vom Rande des Gläschens aus die Bildung von überaus kleinen, aber ungemein charakteristischen Kriställchen der Cholinverbindung.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß die untersuchte Chlorophyllpasta ein ganz analoges Verhalten zeigt wie diejenigen Roh-Extrakte, welche die Phosphatide enthalten. Das Rohphytol, das aus dem Präparate gewonnen wurde, verhielt sich gegen Jodlösung und Farbstofflösungen ähnlich wie die ungesättigten Fettsäuren, so daß eine Unterscheidung nicht möglich war.

IV. Chemische Zusammensetzung des Chlorophylls aus der Blattsubstanz verschiedenartiger Pflanzen.

Extraktion mittels Äther.

I. Galeopsis versicolor.

Es wurden im Mai 1911 zuerst Versuche mit der Extraktion von Chlorophyll mittels Äther ausgeführt, um anorganische Salze, vornehmlich Phosphate, womöglich auszuschließen.

1,5 kg Blattsubstanz von *Galeopsis versicolor* wurden unter Zusatz von 50 g Kalziumkarbonat zwecks Neutralisierung der freien Säuren gemahlen, sodann zweimal mit je 2 l Äther extrahiert und ausgepreßt. Beide Extrakte wurden vereint filtriert und sodann ein Teil des Äthers überdestilliert. Die Farbe der Lösung war prachtvoll grün. Die Lösung wurde mit dem gleichen Volumen Alkohol vermischt, durch Wasser die Entmischung herbeigeführt, der Alkohol dann nochmals mit Wasser aus der Ätherlösung ausgeschüttelt, sodann die Ätherlösung konzentriert und zuletzt in einer Platinschale im Vakuum eingedampft und getrocknet.

Das Chlorophyllpräparat a bildete zum Teil grünschwarze Flocken. In der Trockensubstanz waren 1,79 % Asche enthalten.

Präparat b: Die ausgepreßten Reste des Blattpulvers wurden noch zweimal mit je 2 l Äther extrahiert, der Extrakt filtriert, konzentriert und mittels Alkohol wie beschrieben gereinigt. Die Ätherlösung wurde aber mittels Chlorkalzium getrocknet. Die Analysenresultate dieser Präparate auf Trockensubstanz berechnet waren folgende:

Tabelle VIII.

Präparat	Asche %	P_2O_5 %	Organische Stoffe %	Stickstoff bestimmt nach Kjelldahl %	Phäophorbin aus dem Stickstoff berechnet %
a	1,79	0,67	97,54	1,66	17,6
b	6,45	0,58	92,97	2,31	24,5
c	1,62	0,74	97,64	1,40	14,9

Der bedeutende Aschengehalt des zweiten Präparates ist auf Chlorkalzium zurückzuführen, was durch mikrochemische Analyse der Asche bestätigt wurde. Die Phosphorsäure wurde jedoch durch das Chlorkalzium nicht entfernt. Die Stickstoffbestimmungen wurden nach der Methode Kjelldahl ausgeführt. Wie wir uns aber überzeugt haben, läßt sich durch diese Methode im Chlorophyll der Stickstoff nicht exakt bestimmen.

Präparat c. Zur Kontrolle wurden 1,8 kg Blattsubstanz dreimal mit je 2 l Äther extrahiert, der ätherische Extrakt mittels Wasser ausgeschüttelt und konzentriert. Sodann wurde die Lösung mit Alkohol verdünnt mit Petroleumäther vermischt, mittels Wasser entmischt und ausgeschüttelt. Nach der Filtration und dem Trocknen mittels Chlorkalzium wurde die filtrierte Lösung eingedampft und im Vakuum getrocknet.

In diesem Präparat wurde der Stickstoff nach Dumas bestimmt. Dem gefundenen Stickstoffgehalt von 1,40 % entsprechen 14,9 % Phäophorbin. Durch Verseifung wurden gefunden:

	%
Phäophorbin	18,25
Phytol	45,90
Glyceridrest	35,11
P_2O_5	0,74

Die Ätherextraktion ergibt somit nichtphosphorfreie Substanz, sondern es werden Phosphatide und Glyceride entweder in Bindung mit dem Chlorophyllfarbstoff oder zugemischt mitgelöst und lassen sich durch die Entmischung der Ätheralkohollösung nicht entfernen.

Ein Jahr später, im Juli 1912, wurden 5 kg reine Blattsubstanz von *Galeopsis versicolor* zweimal mit Äther extrahiert, die Lösung filtriert, mittels Natriumsulphat entwässert und nach nochmaliger Filtration konzentriert. Der letzte Rest des Äthers wurde frei an der Luft verdunsten gelassen. Es schieden sich dunkelgrüne Körnchen ab, die abgesaugt wurden; von neuem in Äther gelöst, schieden sich beim Verdunsten wieder weiche Körnchen aus, die nach dem Absaugen beim Verdunsten des Äthers hart wurden. Die Körnchen waren blauschwarz, zeigten keine Kristallform, doch war die Substanz einheitlich, frei von Carotenen und anderen gelben Stoffen und mit grüner Farbe in Äther löslich. Dieselbe enthielt 2,26 % Asche. In der aschenfreien Trockensubstanz wurden 0,79 % Phosphorsäureanhydrid gefunden.

Die Elementaranalyse ergab folgende Resultate:

a) 0,1571 g des Präparates lieferten beim Verbrennen 0,3675 g Kohlendioxyd und 0,1019 g Wasser.
b) 0,1945 g der Substanz verbrannten zu 0,4549 g Kohlendioxyd und 0,1244 g Wasser.
c) 0,1919 g der Substanz ergaben 9,20 ccm Stickstoff bei 741 mm Druck und 20,2° C. Dies entspricht 5,63 % Stickstoff.
d) 0,2340 g Substanz lieferten 11,02 ccm Stickstoff bei 737 mm Druck und 18,2° C, somit 5,39 % Stickstoff.

Die Analysenresultate auf aschenfreie Trockensubstanz berechnet, sind somit folgende:

	%	%
C	65,31	65,24
H	7,44	7,34
N	5,39	5,63
O	21,07	21,00
P_2O_5	0,79	0,79

Der Phäophorbingehalt berechnet sich aus dem durchschnittlichen Stickstoffgehalt = 60,96 %.

Sodann wurde durch Hydrolyse der Phytol- und Phäophorbingehalt bestimmt.

Die Verseifung ergab auf aschenfreie Substanz berechnet folgende Zusammensetzung:

	%
Phytol	11,34
Phäophorbin	58,49
Glyzeridrest	29,38
Phosphorsäureanhydrid	0,79

Der Glyzeridrest ist sauerstoffreich; freilich ist in der betreffenden Sauerstoffmenge auch die Summe der Analysenfehler enthalten. Jedenfalls ist das beschriebene und analysierte Präparat

jenem ähnlich, welches von Hoppe-Seyler, Gautier und Stoklasa-Brdlik dargestellt wurde und ebenfalls Phosphorglyceride enthielt.

Tabelle IX.

	Durchschnitt der Analysen %	Phytol %	Phäophorbin %	Glyceridrest %	Glyceridrest auf 100% berechnet. %
C	65,28	9,18	40,16	15,94	54,27
H	7,39	1,54	3,38	2,47	8,40
O	21,03	0,62	9,44	10,97	37,33
N	5,51	—	5,51	—	—
P_2O_5	0,79	—	—	0,79	—
	100,00	11,34	58,49	30,17	100,—

Extraktion mittels Alkohol.

Für die folgenden Versuche wählten wir die von Willstätter angewandte alkoholische Extraktion, verbunden mit der Entmischung von Petroleumäther und Ätherlösungen, sowie mit der Fällung von Phäophytin mittels Oxalsäure.

II. Versuche mit Lathyrus odoratus.

Es wurde 1 kg reine Blattsubstanz von *Lathyrus odoratus* unter Zusatz von Calciumkarbonat gemahlen, mit $1^1/_2$ l Alkohol übergossen und nach etwa $^1/_4$ Stunde abtropfen gelassen, filtriert, mit einem gleichen Volumen (1 Liter) Petroleumäther vermischt und durch Zusatz von 280 ccm Wasser entmischt. Die alkoholische Lösung wurde nach der Trennung von der petrolätherischen Lösung noch einmal mit $^1/_2$ Liter Petroläther ausgeschüttelt; derselbe färbte sich jedoch nur sehr schwach grün. Beide Lösungen wurden vereint, mit Wasser unter Zusatz von Kochsalzlösung ausgeschüttelt, filtriert und der Äther abdestilliert. Die letzten Reste des Lösungsmittels wurden im Vakuum vertrieben. In diesem Präparate, und zwar in der Trockensubstanz, wurde der Phosphorsäuregehalt bestimmt und betrug 2,14 %.

Die alkoholische Lösung wurde dann mittels Äther extrahiert, der Äther mit Wasser ausgeschüttelt und sodann die Lösung eingedampft. Der letzte Rest des Chlorophylls wurde mittels Oxalsäurelösung gefällt, abfiltriert, mit Wasser gewaschen, sodann in Äther gelöst und in einer Schale eingedampft.

Da die Substanzmenge nur gering war, wurde bloß der Phosphorsäureanhydridgehalt bestimmt, wovon nur Spuren vorhanden waren. Wichtig für die gegebene Frage, ob neben Phäophytin noch andere organische Stoffe am Aufbaue des Chlorophylls beteiligt sind, war die Ätherlösung, da durch den Petroleumäther etwa vorhandene Pflanzenfette, sowie freies Phytol zum größten Teile aufgenommen worden sein dürften.

Die ätherische Lösung lieferte nach dem Eindampfen im Sonnenlichte einen dunkelgrünen Syrup, aus welchem die Reste

des Alkohols und Wassers im Vakuum bei 100° C entfernt wurden. Das Präparat war dunkelgrün und mit grüner Farbe löslich, bräunte sich jedoch durch Hydrolyse und Oxydation beim Trocknen immer mehr. Die hier gemachte Erfahrung zeigt, daß es nicht notwendig ist, das Chlorophyll bei der Gewinnung vor Licht zu schützen, eher das Gegenteil ist der Fall. In 0,2317 g Substanz, in der 0,2164 g organischer Substanz enthalten war, wurde der Stickstoff bestimmt. Es wurden bei 20° C und 731 mm Druck 3,4 ccm Stickstoff gefunden. Sodann wurden durch Verseifung auch das Phytol und die Phytochlorine bestimmt. Die folgenden Resultate der Analyse sind alle auf reine organische Substanz berechnet.

Tabelle X.

	In der Trockensubstanz waren enthalten in %		In aschefreier Trockensubstanz waren enthalten in %
Asche	1,52	Phytol	22,94
Phosphorsäureanhydrid	1,34	Phäophorbin	21,55
Stickstoff nach Kjelldahl	2,05	Glyceridrest	54,15
Stickstoff nach Dumas	1,94	Phosphorsäureanhydrid	1,36

Trotzdem bei der Darstellung dieses Präparates rasch gearbeitet wurde, ist der Phytolgehalt geringer als 33 % und auch der Phäophorbingehalt entspricht nicht dem Verhältnis Phytol: Phäophorbin = 1 : 2, wie es im Phäophytin gefunden wurde. Das Resultat weist außerdem darauf hin, daß eine Trennung des Chlorophyllfarbstoffes von den Phosphatiden nicht stattgefunden, aber eine engere Bindung zwischen beiden Bestandteilen wohl vorhanden ist, wie Hoppe-Seyler, Gautier und Stoklasa angenommen haben.

III. Versuche mit Urtica urens.

1. Es wurden 4,5 kg reiner Blattsubstanz von *Urtica urens,* die an einem schönen Tage gesammelt wurden, mit Magnesia gemahlen, mit 4,5 Liter Alkohol übergossen, nach 5 Tagen der Extrakt abgegossen und zum Teil ausgepreßt. Das Filtrat wurde mit Petroleumäther vermischt und mittels Wasser entmischt. Die Petroleumätherlösung wurde mit Chlorkalzium getrocknet und nach der Filtration eingedampft. Erhalten wurden 2,4 g Chlorophyll A.

Sodann wurde die Chlorophyll-Lösung mit 3 Liter Äther vermischt und durch Wasser unter Kochsalzlösungzusatz entmischt. Der Äther wurde mit Wasser ausgeschüttelt, dann mit Chlorkalzium getrocknet und eingedampft. Es krystallisierte keine Substanz aus, sondern es bildeten sich nur Tropfenkonglomerate. Gewonnen wurden 4,7 g Chlorophyll B, welches hauptsächlich zur Aschenanalyse verwendet wurde. Die Präparate enthielten in der aschenfreien Substanz:

		%		%
A.	Phytol	51,93	B.	7,07
	Phäophorbin	25,98		
	Rest	21,66		
	Phosphorsäureanhydrid	0,43		

Es ist somit eine Phytolabspaltung eingetreten.

2. Es wurden 3 kg Blätter von *Urtica urens* mit Kalziumkarbonat gemischt und gemahlen und mit 4 Liter Alkohol übergossen. Am zweiten Tage wurde der Extrakt an der Pumpe abgesaugt und das Filtrat (3 Liter) mit 2 Liter Petroleumäther vermischt und durch Wasserzusatz (300 ccm) entmischt. Nach einem zweiten Vermischen mit Alkohol und Entmischen mit Wasser wurde mit Chlorkalzium entwässert, filtriert und eingedampft. Gewonnen wurden 2,2 g Chlorophyll. Der Aschengehalt betrug 3,61 % in der Trockensubstanz. Der Stickstoffgehalt wurde durch Verbrennen von 0,1480 g Substanz (0,1424 g aschenfreier Substanz) ermittelt. Die Bestimmung ergab bei 18° C und 731 mm Druck 2,4 ccm Gas, was 1,60 % Stickstoff und 16,98 % Phäophorbin entspricht.

In aschefreier Trockensubstanz wurden durch Hydrolyse gefunden:

	%
Phytol	23,30
Phäophorbin	17,93
Glyceridrest	57,76
Phosphorsäureanhydrid	1,01

Es wurde somit weder der Glyceridrest noch das Phosphorsäureanhydrid entfernt. An Fettsäuren wurden 0,1484 g, das sind 40 %, gewonnen. Das Öl hatte einen Geruch nach Leinöl.

0,1003 g des Öls wurden auf das Schiffchen gebracht und in einem Exsikkator aufbewahrt. Nach einer Woche war das Gewicht auf 0,1028 g gestiegen, wahrscheinlich durch Sauerstoffaufnahme. Durch die Elementaranalyse resultierten 0,2569 g CO_2 und 0,0983 g H_2O. Dies entspricht:

	Ursprüngliche Substanz	Oxydierte Substanz
	%	%
C	70,43	68,73
H	10,89	10,63
O	18,68	20,68

Die Theorie verlangt für:

	Linolsäure	Ölsäure	Oxystearinsäure
	%	%	%
C	77,07	76,51	68,72
H	11,53	12,16	10,92
O	11,40	11,33	20,36

Diese Zusammensetzung entspricht somit einer Oxysäure, wahrscheinlich einer Oxystearinsäure. Für eine Reinigung und

Identifikation reichte das Material nicht aus. Auch ist noch eine zweite Eventualität zu erwägen, nämlich die Bildung von Peroxydsäuren durch Addition von Sauerstoff an Stelle der Doppelbindungen, analog den Säure-Ozoniden.

IV. Versuche mit Triticum vulgare.

Aus frischem Material.

Es wurden im Herbst 14 kg Blätter von Winterweizen mit 15 Liter Alkohol rasch extrahiert und der Extrakt ausgepreßt. Nach der Filtration wurde der Extrakt mit dem gleichen Volumen Petroleumäther vermischt und durch Wasserzusatz und Kochsalzlösung entmischt. Sodann wurde nach der Trennung beider Schichten die Petroleumätherlösung filtriert und durch Abdestillieren auf das Volumen von 2 Liter reduziert. Es schieden sich über Nacht etwas gelbe Carotenkristalle ab, die abfiltriert wurden. Dann wurde die Chlorophyll-Lösung mit dem gleichen Volumen Alkohol verdünnt und durch Wasser entmischt. Die Alkohol-Lösung war nur schwach gelblich gefärbt. Nach dem Entwässern mittels Chlorkalzium und neuer Filtration wurde die Lösung zuletzt im Vakuum bis zur Gewichtskonstanz eingedampft. Es wurden 15 g Chlorophyll mit einem Aschengehalt von 7,21 % gewonnen. Das Präparat hatte beim vollständigen Trocknen eine olivgrüne Färbung angenommen. (Präparat A.)

Aus der Alkohol-Lösung wurde ein zweiter Anteil von Chlorophyll mittels Äther ausgeschüttelt und durch Wasserzusatz die Entmischung herbeigeführt. Die Ätherlösung wurde mit Wasser ausgeschüttelt, mittels Chlorkalzium und dann mit Natriumsulphat entwässert und eingedampft. Da das Präparat sehr aschenreich war, wurde es in wasserfreiem Äther gelöst, die ungelösten Salze abfiltriert, die Lösung von neuem eingedampft und zuletzt im Vakuum bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Trotzdem war das Präparat sehr aschenreich und besaß eine olivgrüne Färbung. (Präparat B.)

Analyse des Präparates A.

Es wurden 4,3610 g (3,709 g aschenfreier) Substanz mit methylalkoholischem Kali verseift und 0,7204 g Phytol, 0,4513 g Phytochlorine und 2,464 g Fettsäuren erhalten. Zur Kontrolle wurde eine zweite Verseifung sowie die Stickstoffbestimmung ausgeführt. 0,8076 g Substanz, in welchen 0,7494 g aschenfreier Trockensubstanz enthalten waren, wurde mittels viel Kupferoxyd in beschriebener Weise verbrannt und lieferten bei 732 mm Druck und 8° C. 8,50 ccm Stickstoff. In Prozenten ausgedrückt, entspricht dies 1,32 % Stickstoff. Die gefundene Stickstoffmenge wurde auf Phäophorbin berechnet und beträgt 14,02 %.

Die Analysenresultate waren folgende:

	I. Bestimmung %	II. Bestimmung %
Phytol	19,42	19,66
Phäophorbin	12,17	14,77
Fettsäuren	66,93	64,09
Phosphorsäureanhydrid	1,48	1,48

Es enthielt also auch dieses Präparat große Mengen an Glyceriden und Phosphatiden. Ob dieselben eine feste Lösung oder eine Verbindung mit dem Phäophorbin bezw. Phäophytin bilden, läßt sich schwer entscheiden. Die Eigenschaft, große Mengen von Chlorkalzium aufzunehmen, teilt die Substanz mit anderen Phosphatiden (Lecithinen).

Identifikation der Fettsäuren.

Aus 1,064 g Fettsäuren wurde durch Filtration in alkoholischer Ätherlösung das Natronsalz dargestellt und sodann das Silbersalz abgeschieden, filtriert, gewaschen und getrocknet. Erhalten wurden 0,45 g Silbersalz. Beim Verbrennen im Quarztiegel ergaben 0,1224 g Salz 0,0351 g oder 28,6 % Silber, woraus sich das Molekulargewicht der Säure M. = 270 berechnet. Zur Kontrolle wurde das Salz noch einmal mit Wasser gewaschen und dann im Vakuum getrocknet. Es ging ein Teil der Säure durch Hydrolyse verloren. Die Elementaranalyse des Silbersalzes ergab aus 0,1491 g Salz 0,2497 g Kohlendioxyd und 0,1011 g Wasser, neben 0,0455 g Silber. Die Zusammensetzung des Salzes, sowie der darin enthaltenen fraglichen Säure war also nachstehende:

	Salz %	Säure %
C	45,67	67,36
H	7,53	11,11
O	16,98	21,53
Ag	29,82	—,—

Es wurden 0,2346 g des Silbersalzes in Eisessig gelöst, sodann mit feingeriebenem Bromkalium versetzt und dann nach der Methode von Jos. Hanuš[1]) mittels Jodmonobromid, Eisessiglösung und Rücktitration mittels Thiosulfatlösung die Jodzahl bestimmt. Es wurden nur 0,0334 g d. i. 15,06 % Jod gebunden, was 1,93 % Hydroxylsauerstoff und 0,09 % Wasserstoff entsprechen würde. Rechnet man auch diese Sauerstoff- und Wasserstoffmenge mit, so folgt für die Säure die in der folgenden Tabelle angeführte Zusammensetzung. Dabei wird vorausgesetzt, daß es sich um eine Oxysäure R. $(OH)_2$ und nicht bloß um ein Säuredioxyd $R:O_2$ handelt.

[1]) Josef Hanuš, Zeitschrift f. Untersuchungen der Nahrungs- und Genußmittel, 1901, 4, 913.

	Aus der Analyse berechnet	Theorie für Dioxypalmitinsäure $C_{16}H_{32}O_4$
C	66,03 %	66,59 %
H	10,99 %	11,20 %
O	22,98 %	22,21 %

Diese elementare Zusammensetzung der Säure liegt jener der Dioxypalmitinsäure, deren Molekulargewicht 288 ist, nahe, und auch das früher bestimmte Molekulargewicht 270 steht — weil die Säure nicht vollständig oxydiert war — mit dieser Annahme nicht im Widerspruch; doch soll damit nicht behauptet werden, daß die Palmitinsäure direkt schon ein Bestandteil des Chlorophylls sein müßte, denn es ist bekannt, daß ungesättigte Säuren, zum Beispiel die Ölsäure, durch Kochen mit alkoholischen Laugen in Isoölsäure vom Schmelzpunkte 44° bis 45° übergeht und durch Oxydation eine Dioxystearinsäure vom Schmelzpunkte 78° und der Zusammensetzung $C_{18}H_{36}O_4$ liefert. Außerdem spaltet sich die Isoölsäure beim Schmelzen mit Kali in Essigsäure und Palmitinsäure. Wie sich bei der Verseifung mit konzentrierter alkoholischer Kalilauge die Linolsäure und andere ungesättigte Säuren verhalten, ist derzeit noch nicht untersucht worden und ebensowenig sind auch die Oxyde der Linolsäure $R : O_2$ näher bekannt.

Ohne Zweifel haben wir es im Glyceridrest mit einer ungesättigten und einer Oxysäure zu tun und es scheint, daß die ungesättigten Säuren dieselbe Rolle wie das Phytol spielen, indem sie die Sauerstoffpotentialdifferenz zwischen der Kohlensäure und dem Formaldehyd in Stufen zerlegen und die Reduktion erleichtern.

Hydrolyse mittels alkoholischer Salzsäure:

1,196 g Chlorophyll (1,017 g aschenfreier Substanz) wurden mit 30 ccm 4prozentiger methylalkoholischer Salzsäure 2 Stunden erwärmt; nach dem Verdünnen mit Wasser wurde filtriert, das Phytol und die Fettsäuren mit Petroleumäther extrahiert, die wässerige Lösung mit ½ g Blutkohle entfärbt und sodann das Cholin nach der Methode von V. Staněk[1]) durch das Jodjodkalium abgeschieden, filtriert und nach der Methode von Kjelldahl in Ammoniak übergeführt; es wurden 0,00055 g Stickstoff, was 0,0047 g Cholin entspricht, gefunden. Die Menge des Cholins, das sich bei der alkalischen Verseifung durch den Geruch des entstehenden Trimethylamins verriet, wäre also 0,46 %. Falls es sich um ein Lecithin handelt, so entsprächen dieser Menge 0,27 % Phosphorsäureanhydrid, während tatsächlich 1,48 % gefunden wurden. Wir schließen daraus, daß der größte Teil des Phosphorpentoxyds direkt an das Phäophytin gebunden ist.

[1]) V. Staněk, Über die quantitative Trennung von Cholin und Betain. (Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. XLVII, Heft 1, 1906.)

Abspaltung von Phäophytin.

Von großem Interesse für die Kenntnis der Bindung der einzelnen Bestandteile des Chlorophylls war der Versuch einer Abspaltung von Phäophytin durch Oxalsäure, in alkoholischer Lösung. Es wurden 1,71 g des Präparates A in 200 ccm Alkohol gelöst, die Lösung filtriert und 2 g Oxalsäure, in 20 ccm heißem Wasser gelöst, zugesetzt. Es schied sich das Phäophytin in schwarzbraunen Flocken ab, die abfiltriert und gewaschen wurden. Sodann wurde das Phäophytin mittelst Petroleumäthers gelöst, die filtrierte Lösung in einer Platinschale eingedampft und im Vakuum getrocknet. Das alkoholische Filtrat, das die Glyzeride enthielt, wurde mittels Petroleumäthers ausgeschüttelt, die Äther-Lösung mit Blutkohle entfärbt, dann der Äther vertrieben und die Substanz bis zur Gewichtskonstanz im Vakuum getrocknet.

In der so erhaltenen Substanz wurde nur Phosphorpentoxyd durch Verbrennen mittels Salpeter-Natron-Soda und durch Abscheiden als Phosphormolybdat bestimmt. Es wurden 1,23 % Phosphorsäureanhydrid gefunden, welche an Glyceridreste gebunden sind. Von Phäophytin wurden 0,259 g mit 1,37 % Asche erhalten, während die Menge der Phosphatide 0,6688 g betrug. Die Menge des Phäophytins beträgt also beiläufig 18 %, was mit dem analytisch gefundenen Mittel der Phäophorbinmenge 13,5 % (S. 204) ziemlich übereinstimmt. Bei der Hydrolyse ergaben 0,1525 g (aschefreier) Substanz 0,0429 g Phytol und 0,0931 g Phytochlorine. Die Resultate waren also folgende:

Tabelle XI.

	Phäophytin	Phosphatide	
Phytol	28,13 %	Glyceride	98,77 %
Phäophorbin	61,05 %	P_2O_5	1,23 %
Glyceridrest	10,82 %		—

Das Phäophytin war also durch ca. 11 % Glyzeride verunreinigt. Dies dürfte in größerem oder geringerem Maße wohl auch bei manchen von Willstätter und Oppé (Liebigs Annalen 378, 1) analysierten Phäophytinpräparaten der Fall gewesen sein; der Phytolgehalt von 28 % liegt dem theoretischen Gehalt von 33 % ziemlich nahe.

Elementaranalyse des Präparates A.

0,2178 g (0,2021 g aschefreier Trockensubstanz ergaben 0,5252 g Kohlendioxyd und 0,1927 g Wasser, somit wies die aschenfreie Substanz folgende Zusammensetzung auf:

Tabelle XII.

	Analytische Resultate	Phytol	Phäophorbin	Differenz	Glyceridrest auf 100 % berechnet
C	70,82 %	15,73 %	8,36 %	46,73 %	69,99 %
H	10,59 %	2,64 %	0,70 %	7,25 %	10,86 %
O	15,79 %	1,05 %	1,96 %	12,78 %	19,15 %
N	1,32 %	—	1,15 %	—	—
P_2O_5	1,48 %	—	—	1,48 %	—
	100,— %	19,42 %	12,17 %	68.24 %	100,— %

Aus der Zusammensetzung des Glyceridrestes in der letzten Kolonne läßt sich auf die Gegenwart einer Oxysäure schließen.

Präparat B.

Dasselbe enthielt 12,12 % Asche und die alkoholische Hydrolyse ergab auf aschenfreie Substanz berechnet:

	%
Phytol	5,54
Phäophorbin	12,13
Glyceridrest	81,19
Phosphorsäureanhydrid	1,14

Es sind also auch in diesem Falle die Fettanteile nicht in den Petroleumäther übergegangen, sondern ein großer Teil blieb in der alkoholischen Lösung und ging dann in Äther über.

Sodann wurde durch Verbrennen von 0,2077 g (aschefreier) Substanz der Stickstoff bestimmt und hievon bei 18° C. und 744,5 mm Druck 1,90 ccm gefunden, was 1,03 % Stickstoff und 10,96 % Phäophorbin entspricht.

Bei der Phytolbestimmung wurden die Methylalkoholdämpfe — es wurden 30 ccm Methylalkohollauge auf 1,5603 gr (1,371 g aschefreier) Substanz verwendet — in $\frac{\text{norm}}{5}$ Salzsäure geleitet und das Trimethylamin aufgefangen. Es wurden 0,00027 g Stickstoff, gleich 0,16 % Cholin gefunden. Es enthielt also auch dieses Präparat eine geringe Menge von Lecithin zugemischt.

Weitere Versuche mit Triticum vulgare.

Ein Teil der Ernte wurde an der Luft getrocknet und dann mittels Alkohol und Aceton extrahiert.

A. Alkoholextraktion.

0,9 kg reine Blattsubstanz von Weizen wurden gemahlen und im Perkolator mit 4 Liter Alkohol extrahiert; von der filtrierten Lösung wurde aus 1 Liter Lösung durch Oxalsäure das Phäophytin abgeschieden, filtriert, mit verdünntem Alkohol gewaschen, dann

mittels Petroleumäther gelöst, filtriert, in einer Platinschale eingedampft und im Vakuum getrocknet.

Das Produkt war fast aschenfrei und von folgender Zusammensetzung:

	%
Phytol	27,50
Phäophorbin	16,52
Rest	55,98

Das Präparat enthielt also trotz der Fällung mittels Oxalsäure bedeutende Mengen von Glyceriden. Dieselben sind somit während der Alkoholextraktion nicht abgespalten worden.

Aus dem Reste der Lösung wurde das Chlorophyll portionsweise durch zweimal je $^1/_2$ Liter Petroleumäther aufgenommen in der Absicht, die Menge der zugemischten Glyceride zu beschränken. Die durch Entmischen gewonnene Petroleumätherlösung (ca. 1 Liter) wurde dreimal mit je $^1/_2$ Liter Alkohol vermischt und durch Wasserzusatz die Entmischung bewirkt. Die dritte Alkohollösung war nicht mehr gelb gefärbt. Nach dem Ausschütteln mit verdünnter Kochsalzlösung wurde filtriert und der Petroleumäther abdestilliert. Erhalten wurden 1,4 g Chlorophyll mit 0,56 % Asche und 3,51 % Phosphorsäureanhydrid.

Die Verseifung von 0,7195 g Substanz ergab 0,1414 g Rohphytol, in welchen durch Titration in Alkoholätherlösung auf Phenolphtalein 0,0162 gr Oxysäure[1]) und 0,0956 g Phytochlorin bestimmt wurde.

Es ist also die Zusammensetzung auf aschenfreie Substanz berechnet folgende:

	%
Phytol	17,48
Phäophorbin	10,56
Glyceridrest	68,45
Phosphorsäureanhydrid	3,51

Die Menge von Phosphatiden hat also bei der beschriebenen Arbeitsweise zugenommen, eine Entfernung derselben sowie der Glyceride gelang nicht. In Äther war das Produkt zum Unterschied von Phäophytin löslich.

B. **Acetonextraktion.**

Während bis dahin die Extraktion mittels Alkohol ausgeführt wurde, unternahmen wir den Versuch durch Extrahieren mittels Aceton, um einerseits die Lecithine auszuschließen, andererseits die gelöste Fettmenge herabzudrücken. Das Chlorophyll ist in Aceton leicht löslich, doch wird das Aceton bei der Entmischung von Petroleumäther in bedeutender Menge zurückgehalten.

Es wurden 0,9 kg getrockneter Blattsubstanz von Weizen mit 3 Liter Aceton übergossen und der Extrakt nach der Filtration

---

[1]) Dies wurde bei allen späteren Versuchen ausgeführt.

fraktionsweise mit zweimal je 1/2 Liter Petroleumäther vermischt und durch 100 ccm Wasser die Entmischung herbeigeführt. Die Petroleumätherlösung wurde dann dreimal mit je 1/2 Liter Alkohol vermischt und unter Zusatz von etwas konzentrierter Kochsalzlösung durch Wasser entmischt. Zuletzt wurde die Lösung mit destilliertem Wasser ausgeschüttelt, filtriert, abdestilliert und zuletzt im Vakuum getrocknet.

Das Präparat hatte eine olivgrüne Farbe, war wachsartig, ätherlöslich und enthielt 0,20% Asche.

Die Zusammensetzung des Präparates war nachstehende:

	%
Phytol	26,31
Phäophorbin	30,01
Säurerest	41,54
Phosphorsäureanhydrid	2,14

Bei der Verseifung machte sich kein Geruch nach Trimethylamin bemerkbar, das Präparat war also frei von Lecithin, und dieses ist somit kein integrierender Bestandteil des Chlorophylls der Pflanze, sondern nur accesorisch zugemischt, doch könnte ein genetischer Zusammenhang zwischen Chlorophyll und Lecithin vorhanden sein. Das Phytol enthielt etwas Oxysäure, deren Menge 0,0216 g von dem Gewicht des Phytols abgezogen worden ist.

Von den Oxysäuren wurden 28,3% gewonnen und bei der Filtration 2,6 ccm $\frac{n}{5}$ NaOH auf 0,1773 g verbraucht, woraus sich das Molekulargewicht 305 bedeutend größer als früher berechnete. Auch in diesem Falle wurde ein bedeutender Gehalt an Phosphatiden gefunden.

Die Elementaranalyse ergab von 0,1643 g Substanz 0,4118 g Kohlendioxyd und 0,1680 g Wasser, was 68,48% Kohlenstoff und 11,39% Wasserstoff entspricht. Das Präparat war frei von Carotenen.

Versuch einer Reinigung des Präparates a.

Da sich in der Masse mit der Zeit feste Flocken bildeten, wurde der Versuch gemacht, den flüssigen Anteil auf einem porösen Tonteller abzusaugen. Die Substanz wurde zweimal mit etwas Methylalkohol befeuchtet und nach dem Trocknen analysiert. Die Resultate waren folgende:

	%
Phytol	26,33
Phäophorbin	19,04
Rest	54,63

Es hatte somit die Phäophorbinmenge abgenommen.

Präparat b. Ein Teil des Präparates wurde in Chloroform gelöst, die Lösung filtriert und dann Alkohol zugesetzt. Es schied sich kein Phäophytin ab, sondern erst nach Zusatz von etwas Wasser bildeten sich braune Flocken, die abgesaugt und auf einem porösen Tonteller im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet wurden. Die Zusammensetzung war folgende:

	%
Phytol	33,3
Phäophorbin	30,0
Rest	36,7

Auf diese Weise wurde demgemäß der Glyceridrest nicht entfernt und auch das Verhältnis zwischen Phytol und Phäophorbin entsprach nicht dem Verhältnisse 1 : 2. Die Verluste bei dieser Reinigungsweise waren sehr bedeutende und die gewonnene Menge der Substanz gering; sie betrug 0,1530 gr.

Chlorophyll aus Gras, bestehend aus junger Vegetation von Lolium perenne, Poa pratensis, Lolium italicum.

4 kg frischen Grases wurden mit Kalziumkarbonat gemahlen, im Perkolator mit Aceton übergossen und während der Nacht abtropfen gelassen. Der Extrakt (3 Liter) wurde portionsweise zweimal in je 1/2 Liter Petroleumäther aufgenommen und die Entmischung mittels Wasser und etwas Kochsalzlösung bewirkt. Sodann wurde die Petroleumätherlösung dreimal mit Alkohol gemischt und durch Wasser entmischt. Dadurch wurden die gelben und roten Stoffe vollständig entfernt — es zeigte sich am eingetauchten Fließpapierstreifen kein gelber Rand über dem grünen — dann wurde der Petroleumäther abdestilliert, im Vakuum bei 90° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Das Präparat von olivgrüner Farbe, die erst in der letzten Trocknungsperiode eintrat, enthielt 2,78 % Asche und hatte folgende Zusammensetzung:

	%
Phytol	15,46
Phäophorbin	21,12
Rest	60,80
Phosphorsäureanhydrid	2,62

Die Stickstoffbestimmung ergab 3,8 ccm Stickstoff bei 733,5 mm Druck und 190° C, was 1,85 % Stickstoff oder 19,6 % Phäophorbin entspricht.

Abscheidung von Phäophytin.

Der Versuch einer Abscheidung von Phäophytin mittels Oxalsäure aus der Acetonlösung lieferte ein Produkt in Flocken von brauner Farbe, die abgesaugt wurden, mit Aceton, welchem 20 % Wasser dem Volumen nach zugesetzt worden war, gewaschen und zuletzt in Petroleumäther aufgenommen wurden. Die Trockensubstanz enthielt 2,8 % Asche und

	%
Phytol	15,17
Phäophorbin	15,89
Glyceridrest	68,94

Somit läßt sich auch hier der Glyceridrest nicht von dem Phäophorbin abspalten, was darauf hinweist, daß die Phosphorsäure nicht am stickstoffhaltigen Radikal gebunden sein kann. Es liegt wahrscheinlich eine Esterbindung vor.

Die im Präparate enthaltenen Säuren wurden größtenteils mit Petroleumätherdämpfen flüchtig und ungesättigt. Der weniger flüchtige Rest, 48 %, erstarrte zu fester Substanz, welche nur 4,7 % Jod aufnahm, während die Gesamtsäure 26 % absorbierte.

Chlorophyll aus *Tanacetum vulgare* L.

Es wurden 3 kg Blattsubstanz von frischen, zur Mittagszeit bei vollem Sonnenlicht gesammelten Blättern mit Kalziumkarbonat gemahlen und mittels Aceton extrahiert. Das Chlorophyll wurde dann in Petroleumäther aufgenommen und dreimal mittels Alkohol rasch gereinigt. Die Entmischung wurde durch verdünnte Kochsalzlösung ausgeführt. Nach der Filtration wurde mit Natriumsulfat entwässert, sodann filtriert, der Petroleumäther abdestilliert und das Produkt im Vakuum bis zur Gewichtskonstanz bei 90° C. getrocknet. Es enthielt 1,41 % Asche und in aschenfreier Substanz:

	%
Phytol	2,38
Phäophorbin	16,59
Glyceridrest	78,26
Phosphorsäureanhydrid	2,77

Der Phytolgehalt ist also ein sehr geringer, dafür der Glyzeridgehalt sehr bedeutend.

Die Elementaranalyse ergab bei 23,5° C. und 745 mm Druck aus 0,7089 g (0,6977 g aschenfreier) Substanz 8,6 ccm Stickstoff. Dies entspricht 1,36 % Stickstoff und 14,71 % Phäophorbin.

Ein Teil der Säuren wurde in Ätheralkohollösung mittels Kalihydratlösung titriert, das Silbersalz abgeschieden, abfiltriert und gewaschen, sodann auf einem Tonteller und zuletzt im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet. Es färbte sich braun. Aus 0,0903 g des Salzes wurden 0,0289 g, das sind 32,01 %, Silber erhalten. Somit wäre das Molekulargewicht der Säure 230.

Die Säure war ungesättigt. 0,1973 g Säure absorbierten, nach der Methode von J. Hanuš bestimmt, 0,2733 g Jod; es ist also die Jodzahl 138,5. Diese Resultate, welche freilich nur annähernd sind, da eine Reinigung der Säure nicht vorgenommen werden konnte, entsprechen einer Säure $C_{14}H_{24}O_2$, deren Molekulargewicht 224 wäre und die eine den Sauerstoff depolarisierende und übertragende Rolle spielt, wie sie sonst wohl dem Phytol zukommt. Wir beabsichtigen diesen Fall noch näher in größerem Umfange zu studieren.

Chlorophyll aus reiner Blattsubstanz von Waldahorn (Acer pseudoplatanus).

1. Es wurden 2 kg Ahornblätter am 9. Mai gesammelt, mittels Aceton extrahiert, das Chlorophyll portionsweise mit zweimal je

$^1/_2$ Liter Petroleumäther aufgenommen und die Entmischung mittels verdünnter Kochsalzlösung bewirkt. Der Petroleumätherextrakt wurde zweimal mit reinem Alkohol vermischt und entmischt. Die ursprünglich braungrüne Farbe der Lösung ging in reingrüne mit roter Fluoreszenz über. Der Extrakt wurde mit Wasser ausgeschüttelt, filtriert, durch schwefelsaures Natrium entwässert und dann der Petroleumäther zuletzt im Vakuum abdestilliert. Der Rückstand von öliger Beschaffenheit wurde im Vakuum bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Eine Probe im Schiffchen für die Elementaranalyse 3 Stunden, in einer von Wasserdampf umspielten evakuierten Röhre, nachgetrocknet, zeigte keinen Gewichtsverlust. Das Präparat war in Äther vollständig löslich und eine Trennung von Glyceriden von dem Phäophytin auf diese Weise nicht möglich. Der Aschengehalt betrug 2,28 % und die aschenfreie Trockensubstanz enthielt:

	%
Phytol	15,64
Phäophorbin	11,64
Glyceridrest	70,53
Phosphorsäureanhydrid	2,19

Ein Geruch nach Trimethylamin wurde bei der Verseifung nicht beobachtet, somit war die Substanz lecithinfrei. Die Elementaranalyse ergab:

a) Bei der Stickstoffbestimmung 3,85 ccm Stickstoff bei 22° C. und 740 mm Druck aus 0,3403 g (0,3326 g aschefreier) Substanz. Dies entspricht 1,26 % Stickstoff, das sind 13,36 % Phäophorbin.

b) Die Kohlenstoff- und Wasserstoff-Bestimmung ergab beim Verbrennen von 0,2577 g (0,2518 g aschefreier) Substanz 0,6171 g Kohlendioxyd und 0,2014 g Wasser. Die Resultate sind also:

Tabelle XIII.

	Elementare Zusammensetzung	Phytol %	Phäophorbin %	Glycerid %	Glycerid auf 100 %	$(C_{14}H_{24}O_2)_2$ C_3H_5O
C	66,05 %	12,67	9,17	44,21	64,24	65,10 %
H	8,89 %	2,13	0,77	5,99	8,71	9,71 %
O	21,61 %	0,84	2,16	18,61	27,05	25,19 %
N	1,26 %	—	1,26	—	—	—
P_2O_5	2,19 %	—	—	2,19	—	—
	100,— %	15,64	13,36	71,00	100,—	100,— %

Die Säuren sind ziemlich flüchtig, es wurden nur 44,8 % gewonnen. Ihr mittleres Molekulargewicht wurde durch Titration mittels Kalilauge in alkoholätherischer Lösung gleich 256 ermittelt. Das Silbersalz, welches ausfiel, ergab in 0,1015 g Salz 0,0313 g Silber, d. s. 30,84 %, woraus das Molekulargewicht 243 resultiert. Es könnte auch eine Multiplum sein, wenn es sich um eine mehrbasische Säure handelte, dem aber widerspricht die Flüchtigkeit der Säuren. Die Säure war nicht vollständig gesättigt, die Jod-

zahl wurde gleich 48,5 J. gefunden. Des Molekulargewicht entspricht etwa einer Säure $C_{14}H_{24}O_2$ = M. 224, deren Silbersalz 32,59 % Silber enthalten würde und die zum Teil als Oxyderivat vorhanden wäre. Es würde dies mit der Elementarzusammensetzung des Glyceridrestes ziemlich übereinstimmen. Vielleicht bieten diese Säuren in Gegenwart stickstoffliefernder Substanzen auch das Baumaterial für den Blattfarbstoff.

2. Aus 2 kg Ahornblätter, welche am 9. Juli gesammelt wurden, wurde das Chlorophyll in der gleichen Weise wie bereits geschildert, mittels Aceton extrahiert. Bei der zweiten Reinigung mittels Alkohol schied sich eine schwarze Substanz, welche die Entmischung verhinderte, aus. Dieselbe wurde, da deren Menge bedeutend war, abfiltriert. Die petroleumätherische Chlorophyll-Lösung wurde dann noch einmal mittels Alkohol gereinigt.

Aus dem Petroleumäther wurden nur 0,6828 g Substanz gewonnen. Die schwarze Substanz löste sich in Alkohol mit blaugrüner Farbe, wurde von Äther aufgenommen und nach dem Entwässern der Ätherlösung mittels Natriumsulfat durch Abdestilieren in festem Zustande erhalten. Die Menge dieses an Phäophorbin reichen Anteiles betrug 2,2846 g. Aus diesem Präparate wurden 16,5 % Fettsäuren gewonnen, welche die Jodzahl 65,9 aufwiesen. Die Analyse ergab auf aschenfreie Substanz berechnet:

	%
Phytol	12,18
Phäophorbin	34,83
Glyceridrest	52,40
Phosphorsäureanhydrid	0,59

Der Anteil, welcher aus dem Petroleumäther durch Eindampfen gewonnen wurde, enthielt 3,76 % Asche und seine Zusammensetzung war folgende:

	%
Phytol	29,08
Phäophorbin	17,42
Glyceridrest	52,11
Phosphorsäureanhydrid	1,39

Demnach ging das abgespaltene Phytol und die Phosphatidanteile in Petroleumäther über, doch trat keine vollständige Trennung des phosphatidhaltigen und freien Chlorophylls ein. Da das aus der Ätherlösung gewonnene Präparat Phytol und Phäophorbin in einem Verhältnis wie 26 : 74 enthält, so fand eine Abspaltung des Phytols statt. Berechnet man aus der Summe der Mengen beider Präparate den Phytolgehalt, so stellt sich derselbe, wie Willstätter und Oppé gefunden haben, gegenüber dem Phäophorbin nahe wie 1 : 2.

3. Endlich wurden aus 2 kg reiner Blattsubstanz von Ahornblättern, die am 9. Oktober gesammelt wurden, zwei Chlorophyllpräparate gewonnen. Die Extraktion erfolgte wieder mittels Aceton, die Isolierung durch Entmischung des Petroleumäthers und dann der Ätherlösung durch Wasser. Um festzustellen, ob

die Braunfärbung in den Endstadien der Trocknung durch Hydrolyse stattfindet, wurden diese Lösungen über 14 Tage durch Chlorkalzium getrocknet. Die Präparate blieben bis zur vollständigen Trocknung dunkelgrün, enthielten aber viel Asche. Auch Glycerin wurde nachgewiesen.

Das Präparat aus Petroleumäther enthielt 8,18 % Asche und ergab bei der Verseifung auf aschefreie Substanz berechnet:

	%	%
Phytol	32,84	31,48
Phäophorbin	20,03	
Glyceridrest	45,66	
Phosphorsäureanhydrid	1,47	1,47

Bei der Elementaranalyse ergaben bei 19° C. und 745 mm Druck 0,3398 g Substanz 5,2 ccm Stickstoff; dies entspricht 1,89 % Stickstoff, das sind 20,03 % Phäophorbin. An Phytochlorinen wurden, auf aschenfreie Substanz berechnet, 20,86 % gefunden.

0,2193 g (0,2013 g aschefreier) Substanz verbrannten zu 0,1712 g Wasser und 0,5123 g Kohlendioxyd, was 68,96 % Kohlenstoff und 9,45 % Wasserstoff entspricht. Somit ist die Zusammensetzung der aschenfreien Substanz folgende:

Tabelle XIV.

	%	Phytol %	Phäophorbin %	Rest %	Rest auf 100 % berechnet
C	68,96	26,60	13,75	28,61	62,67
H	9,45	4,47	1,16	3,82	8,36
O	18.23	1,77	3,23	13,23	28,97
N	1,89	—	1,89	—	—
P_2O_5	1,47	—	—	—	—
		32,84	20,03	45,66	100,—

An Säuren wurden nur 22 % gewonnen, der Rest verflüchtigte sich mit dem Petroleumäther. Auf 0,1012 g der Säuren wurden 1,55 ccm $\frac{n}{5}$ NaOH verbraucht, was einem Molekulargewicht der Säure von 326 entspricht, so daß mit Rücksicht auf den großen Sauerstoffgehalt, der aus der obigen Analyse resultiert, eine Oxysäure vorhanden ist.

Die Jodzahl wurde ebenfalls bestimmt: es wurden 0,1473 g der Säuren mit titrierter Jodmonobromidlösung versetzt und mit Thiosulfatlösung zurücktitriert. Die Jodzahl belief sich auf 80,04. Dies entspricht, falls man das oben ausgeführte Molekulargewicht der Säure in Betracht zieht, etwa 2 Atomen Jod und somit einer Doppelbindung.

Das Silbersalz, welches aus der alkoholischen Lösung nach der Titration abgeschieden wurde, wurde abgesaugt, mit Alkohol und Äther gewaschen und im Vakuumexsikkator getrocknet. Es ergaben 0,0785 g desselben 0,0223 g oder 28,41 % Ag, so daß das Molekulargewicht der Säure 276 wäre.

Aus 2,393 g Substanz (2,22 g aschefreier) Substanz wurde noch eine zweite Hydrolyse ausgeführt. b)

Die gewonnenen Säuren erstarrten. Der Schmelzpunkt der Säure, welche am porösen Teller abgesaugt und im Vakuumexsikkator getrocknet war, wurde gleich 52° gefunden. Das Silbersalz ergab aus 0,0524 g durch Verbrennen 0,0158 g Silber, d. s. 30,15 %, woraus das Molekulargewicht 251 für die Säure resultiert. Bei der Titration der Säure ergab sich das Molekulargewicht 274.

Die Elementaranalyse lieferte folgende Resultate:

0,1530 g Salz ergaben 0,2669 g CO_2 und 0,0936 g H_2O. Dies entspricht nachstehender Zusammensetzung:

	Salz %	Freie Säure %	Theor. für $C_{14}H_{26}O_4$ %
C	47,57	67,83	65,06
H	6,79	10,08	10,15
O	15,49	22,09	24,79
Ag	30,15	—	—
	100,—	100,—	100,—

Dies entspricht ungefähr der Formel $C_{14}H_{26}O_4$ für die Säure und das Molekulargewicht wäre 258.

Ing. F. Černý, Adjunkt der Abteilung für Wein- und Obstuntersuchung, fand in der Lösung nach der Bestimmung des Phäophorbins durch Hydrolyse im ersten Falle 7,07 % und 6,77 % Glycerin, im zweiten Falle 6,15 % Glycerin, was bei einem Molekulargewicht der Säure einem Di-Glycerid entspricht und einer Bindung an Phosphorsäure (die jedoch nicht ausreicht) oder Phäophorbin erwarten läßt.

b) Der aus der ätherischen Lösung gewonnene Anteil von Chlorophyll war sehr schön dunkelgrün, jedoch sehr reich an Asche, die 13,80 % betrug. Es bräunte sich das Präparat an Stellen, wo es in dünner Schicht aufgetragen war, erst nach längerer Zeit. Die Asche enthielt neben Magnesiumoxyd Chlorkalcium. Bei der Analyse wurden folgende Resultate gewonnen:

	%
Phytol	22,94
Phäophorbin	20,61
Glyceridrest	54,23
Phosphorsäureanhydrid	2,22

Die Molekulargröße der Säure wurde gleich 250 gefunden. Das Präparat unterscheidet sich von dem in der Petroleumätherlösung nur dadurch, daß ein Teil von Phytol abgespalten worden war und in die Petroleumätherlösung überging.

Aus dem großen Aschengehalt folgt, daß eine Addition von Chlorkalzium eingetreten ist, dafür wurde jedoch die Hydrolyse der Substanz durch die letzten Spuren von Wasser beim Endtrocknen verhindert, weshalb die ursprüngliche schöne grüne Farbe erhalten

blieb. Aus dieser Erfahrung läßt sich schließen, daß die Phosphatide in gebundenem Zustande im Molekül des Chlorophylls vorhanden sind, erst nach der Spaltung das Phäophytin entsteht und seine braune Färbung den Präparaten verleiht.

Verdünnte Lösungen von Phäophytin und Phosphatiden, deren Farbe ebenfalls gelb ist, färben Filtrierpapier gelb und zwar in derselben Nuance, wie sie die Blätter beim herbstlichen Farbenwechsel annehmen.

Chlorophyll, welches zum größten Teile intakt ist, färbt Filtrierpapier grün, wie das in den beiden letzten Fällen überhaupt, in den früheren vor der Endtrocknung der Fall war. Das aus *Galeopsis versicolor* gewonnene und phäophorbidreiche Präparat hatte eine blaugrüne Färbung.

Der herbstliche Farbenwechsel in gelb ist auf folgende Prozesse zurückzuführen:

1. Oxydation der Säuren in Oxysäuren.
2. Abspaltung der Glyceridphosphorsäure und des Phytols unter Mitwirkung der Chlorophyllase, wie Willstätter und Stoll festgestellt haben, verbunden mit der Bildung von freiem Phäophorbin und Phäophytin von gelbbrauner Farbe.
3. Durchdringen der Farbe von Xantophyll und Caroten.

Ob eine Oxydation von Phäophorbin im Sinne eines Chinonimids vorliegt, wie es nach der von Willstätter und Hocheder festgestellten Formel möglich wäre, oder ob es sich um eine phthaleinartige Umwandlung des Phäophorbins handelt, ist eine noch offene Frage.

Bei der Extraktion von Chlorophyll mittels Alkohol findet wohl unter Mitwirkung von Chlorophyllase und schwacher Alkalien[1]) nicht nur die Abspaltung von Phytol und Ersatz durch den Alkohol statt, sondern auch eine Abspaltung der Phosphorsäureglyceride, wie auf S. 206 nachgewiesen wurde.

Absorptionsspektren.

Von den Präparaten aus *Galeopsis versicolor*, sowie von dem in Äther und Petroleumäther löslichen Chlorophyllanteilen aus Ahornblättern wurden die Spektren mittels eines Quarzspektrographen von Hilger & Co. und einer Nernstlampe, sowie einer Quecksilberquarzlampe als Lichtquelle ermittelt.

Während das Chlorophyll aus *Galeopsis versicolor*, welches ca. 30 % Phäophorbin enthielt, im Spektrum, das mittelst der Nernstlampe erhalten wurde, alle 5 (respektive 6) Absorptionsbänder und die Endabsorption in Blau besitzt, zeigen die Spektren der Ahornblattchlorophylle nur das starke Absorptionsband in orangerot zwischen $\lambda = 680—640$, wie es auch Tschirch, Willstätter

[1]) J. Hanuš, Die Äthylesterzahl der Fette. (Königl. Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. 1908, 8. Z. f. Unters. d. Nahr. u. Genußm. 1908.)

und Hocheder gefunden haben. Die übrigen Absorptionsbänder sind verschwunden. Die Konzentrationen der Lösungen waren:

1. Die Lösung von Chlorophyll aus *Galeopsis versicolor* enthielt in 100 ccm des Lösungsmittels 0,116 g Substanz.

2. 100 ccm der ätherischen Lösung von Chlorophyll aus Ahornblättern enthielten 0,066 gr Substanz.

3. Die Lösung von Chlorophyll aus Ahornblättern in Petroleumäther enthielt 0,092 g auf 100 ccm des Lösungsmittels berechnet. Die Konzentration der verdünnteren Lösung war $^1/_5$ dieses Wertes.

Die Messung wurde mit einer Glasküvette von 10 mm Schichtdicke, beziehungsweise mittels einer Eprouvette aus Quarzglas ausgeführt.

Das mittels der Quecksilberquarzlampe erhaltene Spektrum der Chlorophylle zeigt, daß die meisten der Linien des Spektrums der Quecksilberquarzlampe im ultravioletten Teil absorbiert sind, ein Beweis, daß das Chlorophyll die chemisch-aktiven Strahlen absorbiert und in chemische Reduktionsarbeit umsetzt. Charakteristisch für das Chlorophyllspektrum sind die hellen Linien von λ — 578 und 547. (Siehe Tafel IV.)

Noch bedeutend interessanter als die etwas zu kleinen Spektren des Spektrographen sind die mittels des Spektrophotometers von Schmidt & Haentsch erhaltenen Spektrogramme. (Siehe Tafel V.)

Dieselben sind in der beigefügten Tafel V graphisch dargestellt, indem auf die Abszissenachse die Wellenlängen, auf die Ordinaten die relativen Lichtintensitäten aufgetragen sind. Die Messung wurde mit einer Glasküvette von einer Schichtdicke von 10 mm mit Hilfe des Schulzschen Körpers ausgeführt. Die Wellenlängenkurve wurde mittels folgender Spektrallinien festgelegt:

Li	λ =	675	rot
	λ =	610	orangegelb
Na	=	590	gelb
		589	
Tl	=	535	grün
Hg	=	491	blau
		436	indigo
		405	violett

Die Lösung des Chlorophylls aus den Blättern von *Galeopsis versicolor* ließ von den Spektrallinien der Quecksilberquarzlampe folgende sichtbar erscheinen:

violett (schwach)	λ =	436
blau	=	492
grüngelb (hell)	=	546
gelb	=	559
		568
gelb (sehr hell)	=	577
		579
orangegelb (hell)	=	589
		590
rot	=	656

In den Spektrophotogrammen zeigt das Chlorophyll aus *Galeopsis versicolor* folgende Absorptionsbänder:

	Chlorophyllan von Tschirch	Chlorophyll von Willstätter u. Hocheder	Unsere Messungen
Band I	680—640	688—640	668—640
Band II	620—590	622—597	618—600
Band III	570—560	569—556	586—578
	—	bezw. 551	566—556
Band IV	550—530	542—525	540—528
Band V	513—590	515—488	512—594
Endabsorption	von 470 an	von 479 an	von 470 an

Die Präparate aus Waldahornblättern *(Acer pseudoplatanus)* weisen nur zwei Absorptionsbänder auf, die übrigen sind nur schwach angedeutet und verschoben. Wir finden folgende Wellenlängen für die Absorptionsbänder:

	Petroleumäther konzentriert	Petroleumäther verdünnt	Ätherlösung
Band I	686—670	666—650	660—640
Band V	494—486	466—464	
Endabsorption	von 470 an	von 460 an	von 468 an

Der Unterschied zwischen den beiden Spektren von *Galeopsis versicolor* und von Ahorn *(Acer pseudoplatanus)* ist bedeutend und findet keine Erklärung durch die analytischen Resultate.[1]) Der Grund dürfte darin liegen, daß das Chlorophyllpräparat aus *Galeopsis versicolor* Magnesiumphäophorbid enthält, während jene aus Waldahornblättern *(Acer pseudoplatanus)* neben Phäophitiden Chlorolecithine enthalten.

Chlorophyll aus Kiefernadeln.

Es wurden 2 kg gemahlener Kiefernadeln in 3 Partien nacheinander dreimal mit je 1·5 l Alkohol, welcher immer ¼ Stunde in Berührung gelassen wurde, extrahiert. Das Chlorophyll wurde nur zum Teil extrahiert und ein großer Teil blieb in den Nadeln zurück. Der Extrakt war intensiv dunkelgrün gefärbt und wurde dreimal durch Vermischen mit Alkohol und Entmischen durch verdünnte Kochsalzlösung gereinigt, sodann mittels Natriumsulfat entwässert und hierauf der Äther verdampft. Das Präparat wurde bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Ein Teil der frischen Lösung, enthaltend 0,083 g Trockensubstanz in 100 cm³ der Lösung, wurde zur Feststellung des Spektrums verwendet, welches in der Tafel V dargestellt ist. Dasselbe ist ähnlich jenem aus Ahorn in Petroleumäther.

[1]) Phytollösungen haben ein Absorptionsspektrum, wie die Lösungsmittel allein, jedoch mit dem starken Absorptionsband in rot.

Aus einem Teile des Chlorophyllpräparates wurde durch Lösen in Chloroform und Fällen mit alkoholischer Oxalsäure ein grünschwarzer Niederschlag abgeschieden, welcher abgesaugt, mit Chloroform-Alkohol gewaschen, in Äther gelöst, eingedampft und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wurde. Die Zusammensetzung desselben war folgende:

	%
Phytol	23,72
Phytochlorine	63,25
Rest	13,03

Das Phytol enthielt etwas Säure. Aus der Analyse folgt, daß der Niederschlag, dessen Menge nur gering war (7%) und wahrscheinlich dem zersetzten Anteile entsprach, zum größten Teile aus Phäophytin, welches durch eine geringe Menge des ursprünglichen Chlorophylls verunreinigt war, bestand.

Der Rest des Chlorophyllpräparates, welches olivbraun gefärbt war und, wie aus dem Geruche bemerkbar war, Terpene enthielt, wurde ebenfalls der Analyse unterworfen. Der Aschengehalt betrug 0,66% und in der aschenfreien Trockensubstanz wurde durch Hydrolyse gefunden:

	%
Phytol	15,42
Phytochlorine	28,73
Differenz	55,13
P_2O_5	0,72

Somit waren auch hier die Glyceridphosphorsäure und die Glyceride, sei es gebunden oder zugemischt, nicht entfernt worden; doch ist hier das Verhältnis zwischen Phytol und den Phytochlorinen nahezu gleich 1 : 2, wie es von Willstätter und Stoll gefunden worden ist.

Es wurden zur Feststellung, ob die Präparate nur Magnesiumoxyd enthalten, oder ob auch Kalzium- und Kaliumoxyd vorhanden ist, eine Reihe von Chlorophyllpräparaten vorsichtig verascht und die Asche analysiert. Die Resultate sind auf Trockensubstanz berechnet und in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle XV.

Präparat	CaO %	MgO %	K_2O %	Na_2O %
Merk	0,11	0,34	1,43	0,61
Reine Blattsubstanz von *Galeopsis versicolor* A (Petroleumäther)	0,18	0,56	0,13	Spuren
Galeopsis versicolor B (Äther)	0,79	0,14	0,16	0,05
Lathyrus odoratus B	0,18	0,53	0,10	—
Urtica urens (Petroläther)	1,07	0,42	0,14	0,15
Urtica urens B (Äther)	0,62	0,33	0,28	0,26
Scrofularia (Äther)	0,26	0,13	0,03	—

Die Asche enthält somit stets neben MgO auch gewisse Mengen von Calciumoxyd und Kaliumoxyd (von den mittels $CaCl_2$ entwässerten Präparaten wird da abgesehen). Die Analysen wurden in Platingefäßen oder in Gefäßen aus Jenaer — kalifreiem — Glase ausgeführt. Es dürfte somit das K_2O mit in den Chlorophyllen enthalten sein, um so mehr, als Kalisalze in organischen Lösungsmitteln fast unlöslich, Calcium und Magnesiumsalze meist ziemlich leicht löslich sind.

Bestimmung des Phäophorbins in den Präparaten.

Das Phäophorbin wurde nach der Verseifung der Chlorophyllpräparate mittels methylalkoholischer Kalilauge und siebenmaliger Ausschüttelung des Phytols mittels Äther, in der mit warmem Wasser verdünnten und durch dasselbe Filter, durch welches die ätherische Phytollösung filtriert worden war, filtrierten Seifenlösung bestimmt. Die Lösung wurde mit Salzsäure angesäuert, dann mittels Petroleumäther dreimal die Fettsäuren ausgeschüttelt, der Extrakt durch ein gewogenes Filter filtriert und mit Petroleumäther nachgewaschen. Die wässerige saure Lösung, stets durch etwas Phytochlorin blau gefärbt, wurde dann durch dasselbe Filter geschickt und der Niederschlag mit Wasser gewaschen und getrocknet. Die Menge, welche in der sauren Lösung gelöst blieb, ist, wie wir uns durch Extraktion mittels Äther überzeugten, ganz unbedeutend. Die Resultate waren, mit jenen aus der Stickstoffbestimmung verglichen, folgende:

Tabelle XVI.

Provenienz des Präparates	Phäophorbin aus Stickstoff berechnet %	Phytochlorin-chlorhydrat %	Verhältniszahl %
Urtica urens II	16,99	17,93	0,946
Gras	19,60	21,12	0,929
Triticum vulgare (frisch)	14,02	14,77	0,948
Triticum vulgare (B)	10,96	12,13	0,883
Tanacetum vulgare L.	14,71	16,59	0,887
Galeopsis versicolor	60,96	58,49	1,042
Mittel	—	—	0,94

Aus den Resultaten, welche nicht allzu sehr differieren, wenn man die komplizierte Bestimmungsweise sowie die Möglichkeit verschiedener Phytochloringemenge in Erwägung zieht, läßt sich als Faktor für das Phäophorbin wohl die Zahl 0,94 annehmen mit einem wahrscheinlichen Fehler $\pm$ 8% des Wertes.

Analyse des Phytochlorinniederschlages aus *Galeopsis versicolor:* Aus 0,1097 g Substanz wurden beim Verbrennen 0,0935 g Wasser und 0,2876 g Kohlendioxyd erhalten. Sodann lieferten 0,1796 g Substanz 8,3 cm^3 Stickstoff bei 16° C und 750 mm Druck. Diese Resultate entsprechen der Zusammensetzung:

	%
C	71,50
H	9,43
N	7,05
O	12,02

Die Substanz war also nicht reines Phytochlorin, sondern enthielt auch Phytorhordine und wahrscheinlich geringe Mengen an Fettsäuren.

IV. Über den Einfluß der sich im Minimum befindenden Vegetationsfaktoren, Magnesium und Phosphor, auf die Entwicklung der Vegetation von Polygonum fagopyrum und Zea Mais.

Es ist gewiß von großem Interesse, die Frage zu studieren, welchen Einfluß Magnesium und Phosphor, wenn sie sich im Minimum befinden, bei Gegenwart aller anderen Vegetationsfaktoren, die im Optimum vertreten sind, auf die Vegetation ausüben. Das Gesetz vom Minimum nach Justus v. Liebig besagt in der notwendig erweiterten Fassung von Mitscherlich[1]):

„Der Pflanzenertrag richtet sich nach demjenigen Vegetationsfaktor, welcher verhältnismäßig am meisten im Minimum ist."

In unserem Falle wurden die Versuche so angeordnet, daß die Vegetationsfaktoren Magnesium und Phosphor in der Nährlösung überhaupt nicht vorhanden waren, so daß die Pflanzen nur an jene Mengen von Magnesium und Phosphor angewiesen waren, welche im Embryon und Endosperm der Samen zugegen sind.

Die ausgesuchten angefeuchteten Samen von *Polygonum fagopyrum* und *Zea Mais,* welche annähernd das gleiche Gewicht besaßen, gaben wir in einem Linhart'schen Keimapparat, welcher mit von sterilem Brunnenwasser angefeuchteten, sterilem Sande gefüllt war. — Sobald die Keimlinge der angewendeten Pflanzen, abgesehen von der Hauptwurzel und der Plumula, noch einige, mehrere Zentimeter lange Nebenwurzeln ausgebildet hatten, nahmen wir sie vorsichtig aus dem Keimapparat heraus, spülten sie mit sterilisiertem destilliertem Wasser sehr sorgfältig ab und brachten sie mit Hilfe der Wasserkultur-Methode zur weiteren Entwickelung.

Die Pflanzen züchteten wir in einer Nährlösung, welche ab und zu erneuert wurde. In 1000 ccm destillierten Wassers der Nährlösung waren enthalten:

I. Nährlösung mit allen Nährstoffen.

1,— g Calciumnitrat,
0,25 g Kaliumchlorid,

[1]) Eilh. Alfred Mitscherlich, Arbeiten aus dem landw. Institute der Universität Königsberg i. Pr. (Abteilung f. Pflanzenbau. Landw. Jahrbücher u. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1912 und 1913.)

0,02 g Natriumchlorid,
0,25 g Magnesiumsulfat,
0,50 g Dikaliumphosphat,
0,10 g Ferrophosphat und
0,25 g Calciumsilikat.

II. Nährlösung ohne Magnesium.

1,— g Calciumnitrat,
0,25 g Kaliumchlorid,
0,02 g Natriumchlorid,
0,25 g Kaliumsulfat,
0,50 g Dikaliumphosphat,
0,10 g Ferrophosphat und
0,25 g Calciumsilikat.

III. Nährlösung ohne Phosphor.

1,— g Calciumnitrat,
0,25 g Kaliumchlorid,
0,25 g Magnesiumsulfat,
0,01 g Ferrosulfat,
0,02 g Natriumchlorid,
0,25 g Calciumsilikat.

Es sei hier noch ausdrücklich bemerkt, daß alle angewandten chemischen Verbindungen speziell umkristallisiert wurden und chemisch rein waren.

Versuche mit Polygonum fagopyrum.

Die Vegetationsgefäße, deren Glaswände mit einer Paraffinschicht versehen waren, hatten einen Inhalt von 3500 ccm und wurden in folgende 3 Gruppen geteilt: Bei der I. Gruppe, welche 10 Vegetationsgefäße umfaßte, befanden sich in der Nährlösung alle Nährstoffe. Bei der II. Gruppe, die aus 20 Vegetationsgefäßen bestand, war in der Nährlösung kein Magnesium vorhanden und bei der III. Gruppe, 30 Vegetationsgefäße umfassend, war in der Nährlösung kein Phosphor zugegen.

Die Versuche wurden am 7.—13. Mai begonnen. Durch die Vegetationsgefäße aller drei Gruppen wurde täglich frische Luft durchgeleitet und die Nährlösung immer nach 30 Tagen erneuert. Die Vegetationszeit bei der I. und II. Gruppe dauerte 70—80 Tage. Bei der III. Gruppe starben die Pflanzen schon nach 40—50 Tagen ab.

Schon nach 23—30 Tagen bot sich uns ein interessantes Bild. Ohne Magnesium in der Nährlösung waren die Pflanzen ziemlich gut entwickelt, jedoch nicht so gut, wie bei Gegenwart aller Nährstoffe in der Nährlösung. Die Blätter hatten eine schöne grüne Farbe, und durch die mikroskopische Untersuchung ließ sich konstatieren, daß die Palisadenzellen besonders chlorophyllreich waren und die Chlorophyllkörner eine normale

grüne Farbe besaßen. Bei Abwesenheit von Phosphor in der Nährlösung entwickelten sich die Pflanzen nur sehr kümmerlich. Die Pflanzen waren anfangs grün, aber schon nach 30 Tagen nahmen sie eine rötlichbraune Farbe an, wie Chlorophyll beim Zerfalle durch Hydrolyse, und starben nach 40—50 Vegetationstagen ab.

Wir nahmen auch an diesen Blättern eine mikroskopische Untersuchung vor, jedoch noch bevor sich die rötlichbraune Farbe an den Blättern zeigte, also solange sie noch grün waren; dies war ungefähr nach 20 tägiger Vegetationszeit noch der Fall. Der Querschnitt durch diese Blätter zeigte, daß die Palisadenzellen ungemein arm an Chlorophyllkörnern waren, welch' letztere eine abnormale grüne Farbe besaßen.

Das Gewicht einer ganzen Versuchspflanze von *Polygonum fagopyrum* ist in den folgenden Tabellen XVII, XVIII und XIX angegeben.

Tabelle XVII enthält die Resultate betreffs des Gewichtes einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz als Durchschnitt von 10 Vegetationsgefäßen.

In Tabelle XVIII ist das Gewicht einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz als Durchschnitt von 20 Vegetationsgefäßen verzeichnet.

Aus Tabelle XIX ist das Gewicht der ganzen Pflanze in der Trockensubstanz als Durchschnitt von 30 Vegetationsgefäßen ersichtlich.

Als Durchschnittsgewicht von 10 Pflanzen wurden bei der I. Gruppe, wo alle Nährstoffe in der Nährlösung vorhanden waren, 13,842 g erzielt.

Bei der II. Gruppe, wo sich in der Nährlösung kein Magnesium befand, betrug das Durchschnittsgewicht von 20 Vegetationsgefäßen, auf 10 Pflanzen berechnet, 4,199 g.

Bei der III. Gruppe, wo in der Nährlösung Phosphor fehlte, belief sich das Durchschnittsgewicht von 30 Vegetationsgefäßen, auf 10 Pflanzen berechnet, auf 0,5533 g.

B. Versuche mit Zea Mais.

Diese Versuche wurden in derselben Weise ausgeführt wie jene mit *Polygonum fagopyrum* und ebenfalls in drei Gruppen arrangiert.

Bei der I. Gruppe, die aus 10 Vegetationsgefäßen bestand, befanden sich in der Nährlösung alle Nährstoffe.

Die II. Gruppe umfaßte 20 Vegetationsgefäße. In der Nährlösung war kein Magnesium zugegen.

Bei der III. Gruppe, 30 Vegetationsgefäße umfassend, war in der Nährlösung kein Phosphor vorhanden.

Diese Versuche wurden am 2.—7. Mai angefangen. Durch die Vegetationsgefäße aller vorerwähnter Gruppen wurde jeden Tag

frische Luft durchgeleitet und nach 20 Tagen die Nährlösung immer erneuert. Die Vegetationszeit dauerte bei den Vegetationsgefäßen der I. und II. Gruppe 125—128 Tage. Die Pflanzen in den Vegetationsgefäßen der III. Gruppe, wo also in der Nährlösung Phosphor nicht anwesend war, sind schon nach 40—65 Vegetationstagen gänzlich zu Grunde gegangen.

Was das Aussehen der Vegetationen anbelangt, so waren die Pflanzen, wo in der Nährlösung alle Nährstoffe zugegen waren, sehr gut entwickelt; jene, wo sich in der Nährlösung kein Magnesium befand, blieben im Vergleiche zu den Normalpflanzen in ihrer Entwicklung zurück. Durch die mikroskopische Untersuchung der Blätter aus der II. Gruppe wurde nachgewiesen, daß das Mesophyll normal entwickelte Palisadenzellen hatte, welche reich an Chlorophyllkörnern waren. Auch der Farbstoff war normal grün. In dem Nährmedium ohne Phosphor waren die Blätter nur kümmerlich entwickelt, in den Palisadenzellen nur äußerst wenige Chlorophyllkörner vorhanden und die grüne Farbe der Blätter ging sehr bald in braune über. Aus dem Habitus der ganzen Pflanze ließ sich auf einen pathologischen Zustand der Pflanze schließen; dies war auch tatsächlich der Fall, denn die Pflanzen starben schon nach 40—65 Vegetationstagen ab.

Das Gewicht einer ganzen Pflanze ist in den folgenden Tabellen XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV und XXV angeführt.

Tabelle XX.

Versuche mit *Polygonum fagopyrum*.

Nährlösung mit allen Nährstoffen.

No. des Vegetationsgefäßes	Durchschnittliches Gewicht der ganzen Pflanze in d. Trockensubstanz in g	Abweichung vom Mittel
I	1,384	± 0,000
II	1,216	— 0,168
III	1,408	+ 0,024
IV	1,254	— 0,130
V	1,663	+ 0,279
VI	1,230	— 0,154
VII	1,206	— 0,178
VIII	1,307	— 0,077
IX	1,732	+ 0,348
X	1,442	+ 0,058
Summa:	13,842 g	
Mittel:	1,384 g	

Tabelle XXI.
Versuche mit *Polygonum fagopyrum*. Nährlösung ohne Magnesium.

No. des Vegetationsgefäßes	Durchschnittliches Gewicht (von 2 Vegetationsgefäßen) einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz in g	Abweichung vom Mittel
I—II	0,406	— 0,0139
III—IV	0,417	— 0,0029
V—VI	0,421	+ 0,0011
VII—VIII	0,411	— 0,0089
IX—X	0,416	— 0,0039
XI—XII	0,386	— 0,0339
XIII—XIV	0,457	+ 0,0371
XV—XVI	0,416	— 0,0039
XVII - XVIII	0,503	+ 0,0831
XIX—XX	0,366	— 0,0539
Summa:	4,199 g	
Mittel:	0,4199 g	

Tabelle XXII.
Versuche mit *Polygonum fagopyrum*. Nährlösung ohne Phosphor.

No. des Vegetationsgefäßes	Durchschnittliches Gewicht (von 3 Vegetationsgefäßen) einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz in g	Abweichung vom Mittel
I—II—III	0,0563	+ 0,0010
IV—V—VI	0,0573	+ 0,0020
VII—VIII—IX	0,0586	+ 0,0033
X—XI—XII	0,0433	— 0,0120
XIII—XIV—XV	0,0632	+ 0,0079
XVI—XVII—XVIII	0,0607	+ 0,0054
XIX—XX—XXI	0,0434	— 0,0119
XXII—XXIII—XXIV	0,0538	+ 0,0015
XXV—XXVI—XXVII	0,0661	+ 0,0108
XXVIII—XXIX—XXX	0,0505	— 0,0048
Summa:	0,5533 g	
Mittel:	0,0553 g	

Tabelle XXIII.
Versuche mit *Zea Mais*. Nährlösung mit allen Nährstoffen.

No. des Vegetationsgefäßes	Durchschnittliches Gewicht einer ganzen Pflanze in d. Trockensubstanz in g	Abweichung vom Mittel
I	6,236	+ 0,2409
II	6,034	+ ,00389
III	6,113	+ 0,1179
IV	6,133	+ 0,1379
V	5,534	— 0,4611
VI	6,084	+ 0,0889
VII	6,053	+ 0,0579
VIII	5,651	— 0,3441
IX	6,274	+ 0,2789
X	5,839	— 0,1561
Summa:	59,951 g	
Mittel:	5,9951 g	

Tabelle XXIV.

Versuche mit *Zea Mais*. Nährlösung ohne Magnesium.

No. des Vegetationsgefäßes	Durchschnittliches Gewicht (aus 2 Vegetationsgefäßen) einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz in g	Abweichung vom Mittel
I—II	1,038	— 0,2081
III—IV	1,236	— 0,0101
V—VI	1,007	— 0,2391
VII—VIII	1,239	— 0,0071
IX—X	1,266	+ 0,0199
XI—XII	1,738	+ 0,4919
XIII—XIV	1,284	+ 0,0379
XV—XVI	1,222	— 0.0241
XVII—XVIII	1,408	+ 0,1619
XIX—XX	1.023	— 0.2231
Summa:	12,461 g	
Mittel:	1,2461 g	

Tabelle XXV.

Versuche mit *Zea Mais*. Nährlösung ohne Phosphor.

No. des Vegetationsgefäßes	Durchschnittliches Gewicht (aus 3 Vegetationsgefäßen) einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz in g	Abweichung vom Mittel
I—II—III	0,138	+ 0,0041
IV—V—VI	0,147	+ 0,0131
VII—VIII—IX	0.111	— 0,0229
X—XI—XII	0,125	— 0,0089
XIII—XIV—XV	0,163	+ 0.0291
XVI—XVII—XVIII	0,118	— 0,0159
XIX—XX—XXI	0.129	— 0.0049
XXII—XXIII—XXIV	0,143	+ 0,0091
XXV—XXIV—XXVII	0.159	+ 0,0251
XXVIII—XXIX—XXX	0,106	— 0,0279
Summa:	1,339 g	
Mittel:	0,1339 g	

Wir lassen hier noch 2 Tabellen folgen (siehe Tabelle XXVI und XXVII), wo die Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung vorgenommen wurde. Aus dem wahrscheinlichen Fehler, beziehungsweise aus der wahrscheinlichen Schwankung läßt sich folgern, inwieweit die Resultate richtig sind. Für die Beurteilung der Größe dieser Abweichungen und des Wertes des Mittels gibt der wahrscheinliche Fehler einen Anhaltspunkt.

Tabelle XXVI.

Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung bei den Versuchen mit *Polygonum fagopyrum*

Art der Nährlösung	Mittlerer Ertrag	Wahrscheinlicher Fehler
Vegetationsgefäße mit allen Nährstoffen	1,384	± 0,0395
Vegetationsgefäße ohne Magnesium	0,4199	± 0,0080
Vegetationsgefäße ohne Phosphor	0,0553	± 0,0016

Tabelle XXVII.

Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung bei den Versuchen mit *Zea Mais*.

Art der Nährlösung	Mittlerer Ertrag	Wahrscheinlicher Fehler
Vegetationsgefäße mit allen Nährstoffen	5,9951	± 0,05206
Vegetationsgefäße ohne Magnesium	1,2461	± 0,046097
Vegetationsgefäße ohne Phosphor	0,1339	± 0,0042

Wie aus den vorstehenden Daten ersichtlich ist, beträgt bei der I. Gruppe, also dort, wo im Nährmedium alle Nährstoffe vorhanden waren, das Gewicht einer ganzen Pflanze in der Trockensubstanz als Durchschnitt von 10 Vegetationsgefäßen 59,95 g.

Bei der II. Gruppe, wo in der Nährlösung kein Magnesium zugegen war, bezifferte sich das Durchschnittsgewicht von 20 Vegetationsgefäßen, auf 10 Pflanzen berechnet, auf 12,461 g.

Als bei der III. Gruppe in der Nährlösung Phosphor fehlte, belief sich das Durchschnittsgewicht von 30 Vegetationsgefäßen, auf 10 Pflanzen berechnet, auf 1,339 g. Aus den mit *Polygonum fagopyrum* und *Zea Mais* angestellten Versuchen geht hervor, daß sich die Pflanzen in der Nährlösung, woselbst alle Nährstoffe vertreten waren, sehr gut entwickelten, jene, wo sich in der Nährlösung kein Magnesium befand, im Vergleiche zu ersteren in ihrer Entwicklung entschieden zurückblieben und diejenigen, wo in der Nährlösung Phosphor fehlte, sich nur ganz kümmerlich entwickelten und schon nach kurzer Vegetation zu Grunde gingen. In den angeschlossenen Photographien (siehe Tafel VI—XII) sind die wesentlichen Unterschiede in der Entwicklung der Pflanzen aus den einzelnen Gruppen veranschaulicht.

Nun schreiten wir zur

Bilanz.

I. Polygonum fagopyrum.

Das Gewicht von 10 geschälten Samen von *Polygonum fagopyrum* in der Trockensubstanz betrug 0,184 g. In der Trockensubstanz dieses Samens befanden sich

P_2O_5	1,37 %
MgO	0,39 %

in Gramm ausgedrückt:

P_2O_5	0,0025 g
MgO	0,00071 g

I. Gruppe: Nährlösung mit allen Nährstoffen:

Das durchschnittliche Gewicht der aus 10 Vegetationsgefäßen geernteten Pflanzenmasse belief sich auf 13,842 g.

Die Trockensubstanz der Pflanzenmasse wies auf:

P_2O_5	0,496 %
MgO	0,106 %

folglich befanden sich in der aus 10 Vegetationsgefäßen geernteten Pflanzenmasse:

P_2O_5	0,0686 g
MgO	0,0146 g

Subtrahiert man nun die in dem geschälten Samen vorhandene Menge an P_2O_5 und MgO von den in der Pflanzenmasse gefundenen Phosphorsäure- und Magnesiumoxyd-Quantitäten, so erfährt man, wieviel Phosphorsäure und Magnesiumoxyd von dem Wurzelsystem der Pflanzen aus der Nährlösung assimiliert wurden. In unserem Falle wurden pro 10 Pflanzen

P_2O_5	0,0661 g
MgO	0,0139 g

aus der Nährlösung assimiliert.

Nun kommen wir zur II. Gruppe, woselbst in der Nährlösung Magnesiumoxyd fehlte. Hier betrug das durchschnittliche Gewicht der Pflanzenmasse von 10 Pflanzen 4,199 gr.

In der Trockensubstanz dieser Pflanzenmasse waren enthalten:

P_2O_5	0,591 %
MgO	0,029 %

Demgemäß befanden sich in der geernteten Pflanzenmasse im Gewichte von 4,199 g

P_2O_5	0,0248 g
MgO	0,0012 g

Ziehen wir nun die in dem geschälten Samen vorhandene Phosphorsäure- und Magnesiumoxydmenge von jener, die in der Pflanzenmasse ermittelt wurde, ab, so finden wir, daß pro 10 Pflanzen

P_2O_5	0,0223 g
MgO	0,0005 g

aus der Nährlösung assimiliert wurden. Diese geringe Menge von MgO, welche als Plus in der Pflanzenmasse gefunden wurde, findet darin ihre Erklärung, daß das Wurzelsystem der Pflanzen infolge seiner eklektiven Eigenschaften die nicht nachweisbaren Spuren von MgO in destilliertem Wasser und wahrscheinlich auch in den Nährsalzen assimiliert hat.

Bei der III. Gruppe, woselbst sich in der Nährlösung kein Phosphor befand, betrug das durchschnittliche Gewicht der Pflanzenmasse von 10 Pflanzen 0,5533 g.

In der Trockensubstanz dieser Pflanzenmasse waren enthalten:

P_2O_5	0,473 %
MgO	0,15 %

Die geerntete Pflanzenmasse im Gewichte von 0,5533 g wies also auf:

P_2O_5	0,0026 g
MgO	0,00082 g

Nach Abzug der in den geschälten Samen vorhandenen Phosphorsäure- und Magnesiumoxydmenge von der in der Pflanzenmasse gefundenen ergibt sich, daß von dem Wurzelsystem pro 10 Pflanzen

P_2O_5	0,0001 g
MgO	0,0001 g

aus der Nährlösung assimiliert wurden.

Nun kommen wir auch bei den Versuchen mit *Zea Mais* zur Bilanz.

In der Trockensubstanz dieses geschälten Samens waren durchschnittlich enthalten:

P_2O_5	1,38 %
MgO	0,48 %

Das Gewicht von 10 geschälten Samen von *Zea Mais* in der Trockensubstanz beträgt 0,654 g.

In der Trockensubstanz dieses Samens sind

P_2O_5	0,009 g
MgO	0,003 g

vorhanden.

I. Gruppe, wo alle Nährstoffe in der Nährlösung zugegen sind.

Das durchschnittliche Gewicht von 10 ganzen Pflanzen beträgt 59,951 g.

In der geernteten Pflanzenmasse befinden sich:

P_2O_5	1,16 %
MgO	0,44 %

Infolgedessen sind in der von 10 Pflanzen geernteten Pflanzenmasse enthalten:

P_2O_5	0,6954 g
MgO	0,2637 g

Zieht man jetzt die in dem geschälten Samen gefundene P_2O_5- und MgO-Menge von der in der Pflanzenmasse gefundenen ab, so ergeben sich die von dem Wurzelsystem pro 10 Pflanzen aus der Nährlösung assimilierten P_2O_5- und MgO-Mengen. Hier betragen diese:

P_2O_5 0,6864 g
MgO 0,2607 g

II. Gruppe: Nährlösung ohne Magnesium.

Das durchschnittliche Gewicht von 10 ganzen Pflanzen in der Trockensubstanz betrug 12,46 g.

In der geernteten Pflanzenmasse waren enthalten:

P_2O_5 1,18 %
MgO 0,035 %

Infolgedessen befanden sich in der Pflanzenmasse:

P_2O_5 0,147 g
MgO 0,0043 g

Nach Abzug der in dem geschälten Samen vorhandenen Quantitäten an P_2O_5 und MgO von den in der Pflanzenmasse ermittelten finden wir, daß von dem Wurzelsystem pro 10 Pflanzen aus der Nährlösung

P_2O_5 0,138 g
MgO 0,0013 g

assimiliert wurden.

Es wurden also immerhin noch aus der reinen Nährlösung vom Wurzelsystem der Pflanzen 0,0013 g MgO aufgenommen.

III. Gruppe: Nährlösung ohne Phosphor:

Das durchschnittliche Gewicht von 10 ganzen Pflanzen beläuft sich auf 1,339 g.

In der Trockensubstanz dieser Pflanzenmasse befinden sich:

P_2O_5 1,02 %
MgO 0,59 %

Demgemäß waren in der Trockensubstanz der Pflanzenmasse enthalten:

P_2O_5 0,0136 g
MgO 0,0079 g

Subtrahieren wir die in dem Samen vorhandenen P_2O_5- und MgO-Quantitäten von den in der Pflanzenmasse gefundenen, so finden wir, daß von dem Wurzelsystem der Pflanzen aus der Nährlösung aufgenommen wurden:

P_2O_5 0,0046 g
MgO 0,0049 g

Hier ergibt sich also an assimilierter Phosphorsäure ein Plus von 0,0046 g, welcher wieder nur durch die eklektive Eigenschaft

des Wurzelsystems der Pflanzen aufgenommen wurde, und nichts anderes als nichtnachweisbare Spuren an Phosphorsäure im destillierten Wasser und in den Nährsalzen ist. Natürlich ist diese Zahl so klein, daß sie schon in der Grenze eines Versuchsfehlers liegt.

Wir gelangten bei unseren diesbezüglichen Vegetationsversuchen, die uns ganz gut gelungen sind, zu folgenden Schlüssen:

I. Unsere Versuche dokumentieren, daß sich die Pflanzen in dem Nährmedium ohne Phosphor nicht entwickeln können. Wenn also der Vegetationsfaktor Phosphor im Minimum vorhanden ist, so sinkt der Pflanzenertrag ganz bedeutend. Es könnte da freilich der Einwand gemacht werden, daß dies ebensogut der Fall sein kann, wenn sich beispielsweise Kalium oder Calcium im Minimum befindet. Wie wir uns aber bei unseren Untersuchungen überzeugten, befand sich bei Abwesenheit von Kalium oder Calcium im Nährmedium die Vegetation von *Zea Mais* und *Polygonum fagopyrum* niemals in solch kümmerlichem Zustande wie ohne Phosphor in der Nährlösung. Auch unsere sorgfältig ausgeführten Wasserkulturversuche ergaben, daß nur bei Abwesenheit von Phosphor und Stickstoff die Vegetation bald zu Grunde geht.

Die Pflanzen vegetieren eben nur so lange, bis der Phosphor, welcher im Embryo und Endosperm der Samen vorhanden ist, verbraucht ist; dieser Phosphorgehalt der absterbenden Pflanzenorgane zirkuliert dann wieder in neu gebildete Organe, namentlich in die Chlorophyllpräparate, und dieser Prozeß wiederholt sich so lange, bis die Mechanik des Stoffaustausches versagt. In unseren beiden Fällen schien eine Mehraufnahme von Phosphor in Form von Phosphat-Ion stattgefunden zu haben. Im ersten Falle *Polygonum fagopyrum* war ein Plus an P_2O_5 von 0,0001 g, bei *Zea Mais* ein solcher von 0,0046 g zu verzeichnen. Diese ganz geringen Phosphorsäure-Quantitäten können selbstredend gar nicht in Betracht gezogen werden. Die Palisadenzellen waren hier arm an Chlorophyllkörnern, durch welche Beobachtung man den Eindruck gewinnen konnte, daß sich ohne Phosphor die Chlorophyllkörner überhaupt nicht entwickeln können. Magnesium vermag den Phosphor nicht zu ersetzen.

II. Ganz andere Verhältnisse herrschen bei der Vegetation, wo sich in der Nährlösung kein Magnesium befand. Die Pflanzen blieben allerdings gegenüber den Normalpflanzen in ihrer Entwicklung zurück, jedoch waren ihre Blätter ziemlich gut entwickelt und sehr schön grün gefärbt. Auch die Palisadenzellen waren reich an Chlorophyllkörnern. Überhaupt ließ das Aussehen der Pflanzen darauf schließen, daß sie sich nicht, wie dies bei jenen in der Nährlösung ohne Phosphor der Fall war, in einem pathologischen Zustande befinden.

III. Aus unseren Befunden läßt sich folgern, daß der Phosphor einen Anteil an dem Aufbau des Chlorophylls in der Pflanzenzelle hat. Züchten wir also die Pflanzen in einem phosphorfreien Nährmedium, so können sich die Blätter nicht entwickeln und die photosynthetische Assimilation des Kohlendioxyds, sowie die Bildung der Zellbausteine nicht vor sich gehen. Aus diesem Grunde ist dann auch die weitere Entwicklung der Pflanzen unmöglich. In

Anbetracht dessen können wir mit Recht behaupten, daß sich die Chlorophyllorgane ohne Phosphor nicht bilden können.

Es könnte da freilich eingewendet werden, daß sich die Pflanzen ohne Phosphor im Nährmedium deshalb so mangelhaft entwickeln, weil bekanntlich der Phosphor ein Bestandteil der formativen und plastischen Stickstoffverbindungen, wie Eiweißstoffe und Nucleine ist, welch' erstere die Grundlage des Protoplasma bilden, und welch' letztere hauptsächlich in den Zellkörnern vorkommen. Aber dieser Einwand wäre durchaus nicht stichhaltig. Willstätter behauptet in seiner Arbeit, daß nicht Phosphor sondern Magnesium im Chlorophyll vertreten ist und gibt dem kristallisierten Chlorophyll die Formel

$$C_{38}H_{42}O_7N_4Mg,$$

in welchem 3,53% Magnesium enthalten sind.

Berechnen wir nun jetzt, wieviel Magnesium zur Bildung des Chlorophylls in den Blättern von *Zea Mais* (die ein bestimmtes Gewicht aufweisen) in unserem Falle gebraucht wird. Wir haben noch eine Reihe von Versuchen mit *Zea Mais* in einer Nährlösung ohne Magnesium angestellt, um genügend Material von Blättern zu erhalten. Unsere diesbezüglichen Versuche wurden in 48 Vegetationsgefäßen ausgeführt und die Resultate sind auf 100 Pflanzen berechnet. Das Gewicht von 100 ganzen Pflanzen, auf Trockensubstanz berechnet, betrug 137,9 g.

In der Nährlösung von Magnesium haben sich bei 100 Pflanzen von *Zea Mais* 75,6 g Blatt-Trockensubstanz gebildet.

Wir können annehmen, daß in der Blatt-Trockensubstanz von *Zea Mais* durchschnittlich 1,4% Chlorophyll vorhanden sind. Folgedessen befinden sich in 75,6 g Blatt-Trockensubstanz 1,058 g Chlorophyll. Nehmen wir nun an, daß das Chlorophyll 3,53% Magnesium enthält, so ist für den Chlorophyllaufbau in der Zelle der Blätter 0,0373 g Magnesium erforderlich. Wir fanden in der reinen Blatt-Trockensubstanz 0,036% Magnesiumoxyd, oder 0,0217% Magnesium.

In der reinen Blatt-Trockensubstanz im Gewichte von 75,6 g sind also 0,0272 g Magnesiumoxyd oder 0,0164 g Magnesium vorhanden.

Nach Willstätters Behauptungen wären 0,0373 g Magnesium für den Aufbau des Chlorophylls erforderlich. Wir fanden aber bloß 0,0164 g.

Wenn das Gewicht der Blatt-Trockensubstanz 75,6 g beträgt, so muß die ganze Menge von Magnesium, die sich auf 0,0164 g beläuft, nicht aussschließlich im Chlorophyll vorhanden sein, vielmehr verteilt sich dieselbe auch auf andere Zellbausteine.

Es sei noch erwähnt, daß *Zea Mais* eine Pflanze ist, welche nicht nur für die Entwicklung der Blätter, sondern auch der anderen Organe verhältnismäßig viel Magnesium braucht.

Willstätter sagt in seinen Arbeiten „Über das Leben der Pflanze" folgendes:[1])

„Das Leben der chlorophyllhaltigen Pflanzen ist vorwiegend synthetisierend. Während die Biologie bisher auf eine Erklärung der chemischen Funktion des Chlorophylls verzichtete, erlaubt nun der Nachweis des Magnesiums im Chlorophyll aller Pflanzenklassen wohl die Folgerung, daß die Assimilation der Kohlensäure eine Reaktion des basischen Metalles Magnesium ist; das seine große Verbindungsfähigkeit bekanntlich auch in komplexen organischen Molekülen aufweist. Die Kohlensäureaufnahme ist wahrscheinlich ein Prozeß wie die Grignard'schen Synthesen."

Wenn die Hypothese von Willstätter richtig sein soll, wie könnten sich in einem Nährmedium ohne Magnesium bei 100 Pflanzen 137,9 g Pflanzenmaterie (in der Trockensubstanz) bilden? Wir haben in der Trockensubstanz der ganzen Pflanze 45,7 % Kohlenstoff gefunden, also würden sich in 137,9 g Pflanzenmaterie 63,02 g Kohlenstoff befinden, welche zur Synthese der Zellbausteine der Pflanzen dienen. Die gefundenen Kohlenstoffquantitäten repräsentieren aber nicht die Gesamtmenge des Kohlenstoffs, welcher in Form von Kohlendioxyd aus der Luft assimiliert wurde. Die Pflanze benötigt für ihren Atmungsprozeß während der ganzen Vegetationsperiode große Mengen abbaufähiger Kohlenhydrate. Nimmt man nun an, daß in unserem Falle ca. 32 g Kohlenstoff in Form von Kohlensäure ausgeatmet werden, so beträgt die von 100 Pflanzen assimilierte Gesamtmenge des Kohlenstoffs in Form von Kohlendioxyd während der ganzen Vegetation 95,02 g. Wir sehen also, was für eine große assimilatorische Kraft das Chlorophyll, selbst wenn sich Magnesium im Minimum und andere Vegetationsfaktoren im Optimum vorfinden, besitzt.

Zu Willstätters Hypothese ist noch zu bemerken, daß es nicht notwendig ist, die Wirkungsweise des Chlorophylls nur durch die Grignardsche Synthese zu erklären, es genügt und entspricht auch den tatsächlichen Verhältnissen in der chlorophyllhaltigen Zelle, daß es sich hier um eine Sauerstoffübertragung handelt. Durch Magnesium, Kalium-, Natrium-Ionen werden diese Prozesse in der gleichen Weise beschleunigt, wie dies bei der Entwicklung der belichteten photographischen Platte durch die genannten Ionen der Fall ist.

Unsere mit größter Sorgfalt ausgeführten Versuche dokumentieren, daß nicht nur Magnesium, sondern auf alle Fälle Phosphor und vielleicht auch Kalium zum Aufbau des Chlorophylls notwendig ist.

Wir lassen hier auch die Abbildungen unserer Wasserkulturversuche mit *Polygonum fagopyrum* und *Zea Mais* folgen.

Versuche mit Polygonum fagopyrum.

In Tafel VI, Gruppe I befanden sich in der Nährlösung alle Nährstoffe.

---

[1]) R. Willstätter, Untersuchungen über Chlorophyll. (Annalen der Chemie. Bd. 350.)

In Tafel VII, Gruppe II waren in der Nährlösung alle Nährstoffe mit Ausnahme von Magnesium vertreten.

In Tafel VIII, Gruppe III fehlte in der Nährlösung Phosphor.

Die Pflanzen aus Gruppe I und II wurden nach 60 Vegetationstagen, jene aus Gruppe III nach 40 Vegetationstagen photographiert.

Versuche mit *Zea Mais.*

In Tafel IX sind alle 3 Gruppen veranschaulicht.

Im Vegetationsgefäße aus Gruppe I befanden sich in der Nährlösung alle Nährstoffe.

Im Vegetationsgefäße aus Gruppe II waren in der Nährlösung alle Nährstoffe vertreten, nur Magnesium fehlte.

Im Vegetationsgefäße aus Gruppe III waren in der Nährlösung alle Nährstoffe bis auf Phosphor vorhanden.

Die photographische Aufnahme von den Pflanzen aus der I. und II. Gruppe wurde nach 105 Vegetationstagen, aus der III. Gruppe nach 45 Vegetationstagen vorgenommen.

Nicht uninteressant sind auch die Abbildungen von *Zea Mais* aus der I. und II. Gruppe nach 65tägiger Entwicklung in Tafel X und XI. Man ersieht daraus, daß die Unterschiede in der Entwicklung der Pflanzen aus der I. und II. Gruppe nicht bedeutend sind. Erst später entwickelten sich die Pflanzen aus der I. Gruppe, wo also alle Nährstoffe in der Nährlösung vorhanden waren, stärker und jene aus der II. Gruppe (ohne Magnesium in der Nährlösung) blieben im Vergleiche zu ersteren zurück. Die Wasserkulturen aus der III. Gruppe (ohne Phosphor im Nährmedium) (siehe Tafel XII) waren gleich vom Anfange an eine nur kümmerliche Vegetation. Die photographische Aufnahme von diesen Pflanzen erfolgte nach 45 Vegetationstagen.

Resumé.

1. Der Phosphor dient nicht nur zur Bildung des Cytoplasmas und Karyoplasmas, sondern auch zum Aufbau des Chlorophylls in der chlorophyllhaltigen Zelle. Bei dem Aufbau des Chlorophylls in der Pflanzenzelle ist dem Phosphor eine hochwichtige Rolle zugewiesen.

2. Das Chlorophyll besteht aus drei verschiedenen Arten von Verbindungen:

a) Dem Phäophorbin und dessen Metallverbindungen, die von Willstätter und seinen Mitarbeitern festgestellt wurden. Dieselben sind in Alkohol und Äther, nicht in Petroläther löslich.

b) Dem Phäophytin und den Phäophytiden, die in Äther fast unlöslich, in Alkohol und Petroläther löslich sind.

c) Die Chlorolecithinen oder Phäophorbinphosphatide, das sind Verbindungen von Phäophorbin oder Phäophytin

mit Phosphoglyceriden, wie Hoppe-Seyler, Gautier und Stoklasa angenommen haben. Dieselben sind ebenso wie deren Metallverbindungen in allen drei Lösungsmitteln löslich. Vielleicht kommen auch Phäophytin-Glyceridrester, ohne Phosphorsäuregehalt, Chlorophyllane vor.

3. Die Phosphorsäure ist an Glyceridreste von ungesättigten Säuren oder Oxysäuren gebunden. Im Frühjahre und Sommer bilden sich die ungesättigten Säuren, daneben verläuft eine Oxydation zu Oxysäuren, die auch am Präparate, sowie an den aus demselben gewonnenen Säuren weiter fortschreitet.

Dabei spielt wahrscheinlich das Phäophorbin die Rolle eines Katalysators und zwar im Sonnenlichte eines im Sinne der Reduktion, im Dunkeln im Sinne einer Oxydation.

4. Die Metallverbindungen enthalten vorwiegend Magnesium, doch ist auch Calcium und Kalium zugegen. Das Magnesium muß man als treuen Begleiter des Phosphors bei dem Bau und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen ansehen.[1])

5. Es wurde eine Methode ausgearbeitet, welche die annähernde Bestimmung von Phäophorbin neben Phytol ermöglicht und eine teilweise Isolation der Säuren zuläßt.

6. Die Farbenänderung des Blattes im Herbste ist auf hydrolytische Spaltung des Chlorophylls und Entstehung von Phäophytin und Phosphatiden zurückzuführen; diese Stoffe, selbst bräunlich gefärbt, lassen die gelbe und rote Farbe des Xantophylls und der Carotene zur Geltung kommen. Diese Frage werden wir noch weiter studieren.

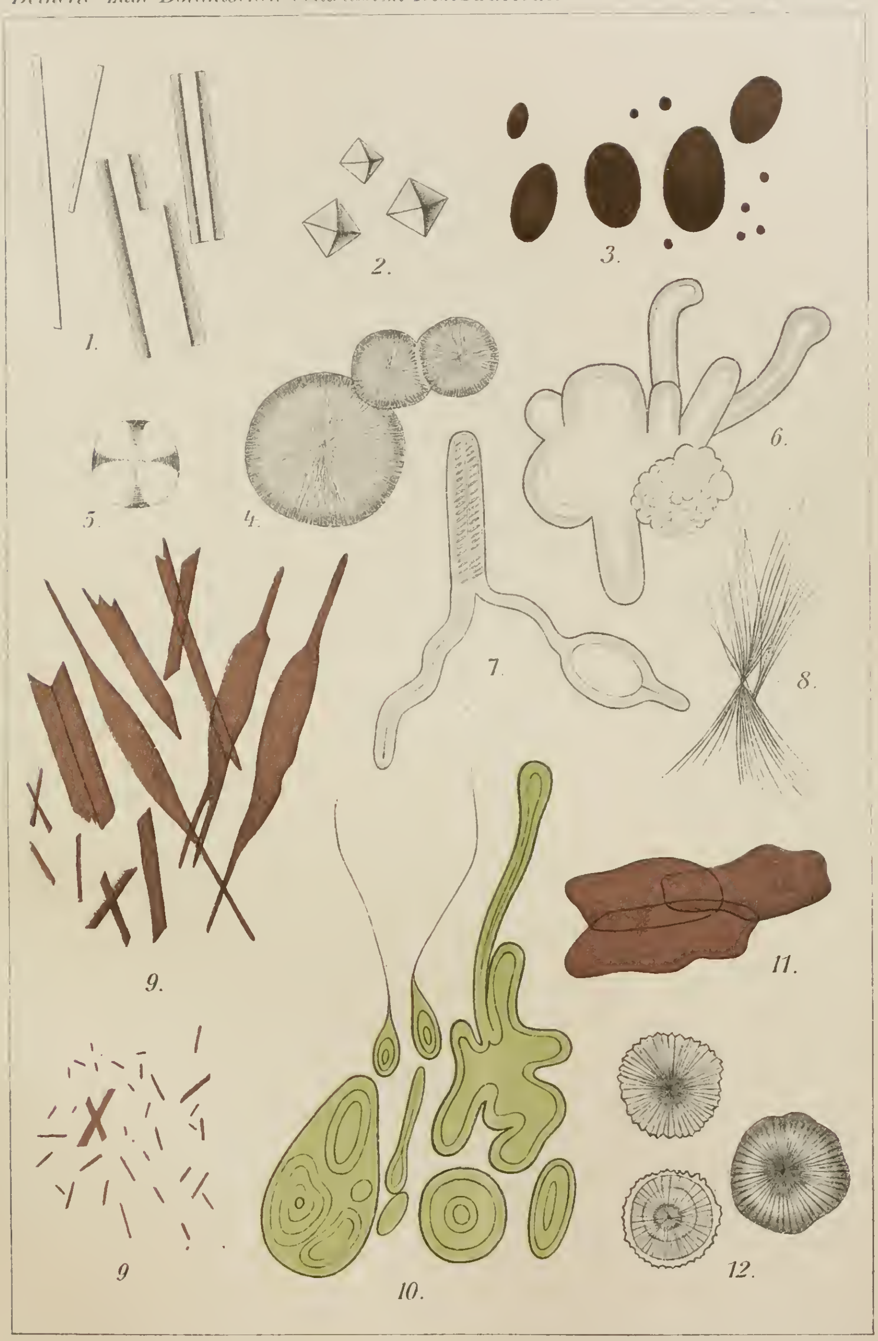
7. Die farblosen Lecithine, Cholinderivate sind nicht mit dem Chlorophyll in Bindung, sondern kommen nur zugemischt vor. Vielleicht stehen dieselben in genetischem Zusammenhange mit den Chlorolecithinen.

Unsere Untersuchungen bezüglich des chemischen Charakters des Chlorophylls setzen wir weiter fort, wobei es sich uns hauptsächlich darum handelt, größere Quantitäten von kristallisiertem Chlorophyll von verschiedenartigen Pflanzen zu Vergleichszwecken zu gewinnen.

---

[1]) Nach den Untersuchungen von Luigi Bernardini und Giuseppe Morelli, O. Loew, L. Bernardini u. G. Corso, L. Bernardini u. A. Siniscalchi, Plato u. J. Tribot (siehe Atti, R., Accad. dei Lincei 1912; Comp. rend. d. l'Acad. des Sciences, Tome 148; Staz. sperim. agrar. ital. Bd. 41. 42 u. 43; Landw. Jahrbücher 1902; Landw. Versuchsst. 1892) ist anzunehmen, daß das Magnesium im Pflanzenorganismus dazu bestimmt ist, die Phosphorsäure in die Nucleoproteïde des Zellkerns, sowie in die Chlorophyllorgane einzuführen, weil die Phosphorsäure am leichtesten aus Magnesiumphosphat abspaltbar ist.





E Senft del

Verlag von C. Heinrich, Dresden.-N





Nernstlampe.

Petroleumäther.

Chlorophyllösung.

Absorptionsspektrum der Hg-Strahlen.

Spektrum der Quecksilberquarzlampe.

Kalium und Natriumspektrum.

Äther.

Chlorophyll aus Galeopsis.

„ (verdünnt).

Äther.

Chlorophyll aus Ahorn.

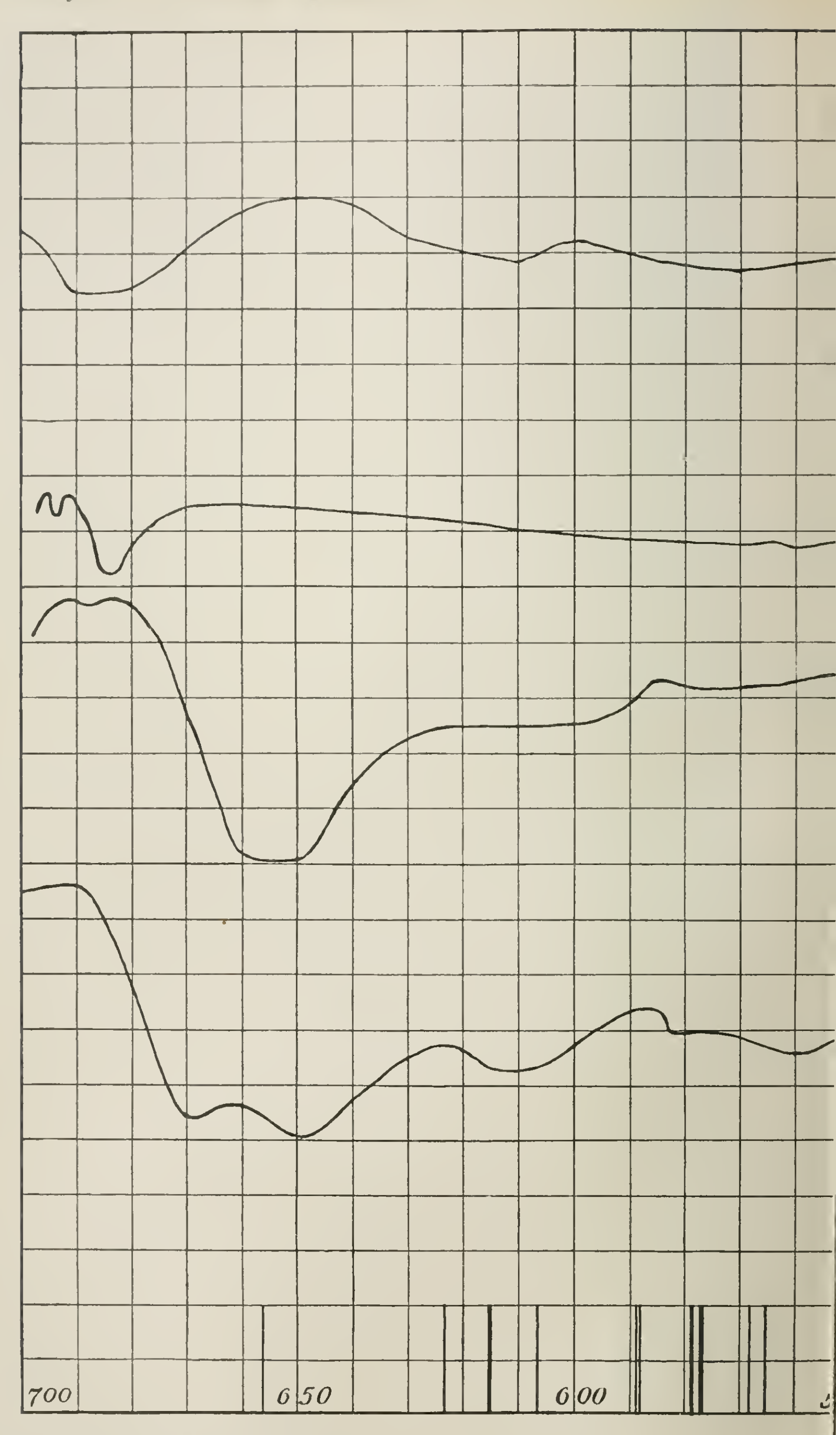
„ Absorption der Hg-Strahlen.

Phytol.

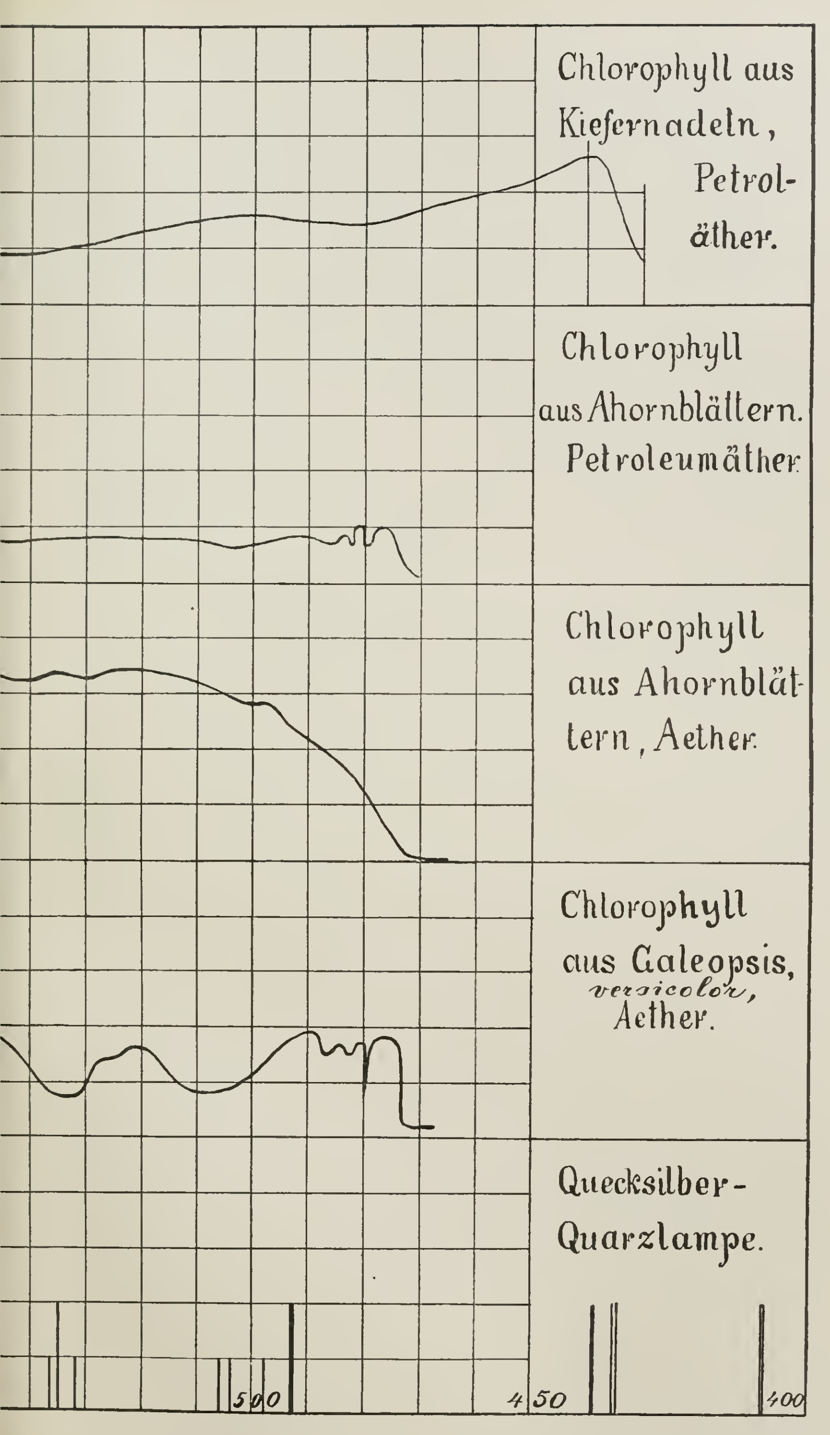
J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*







J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft.



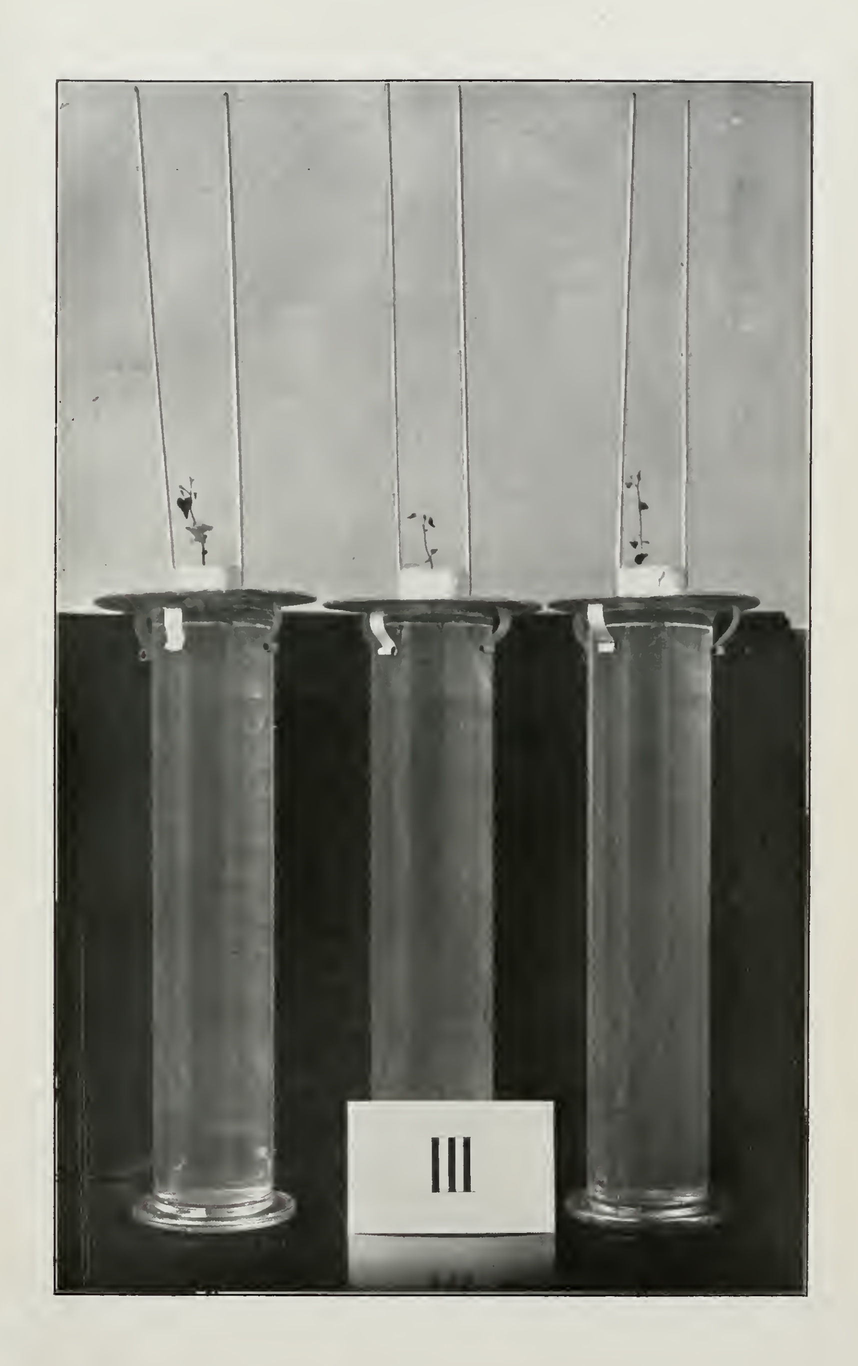
Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*




III





J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





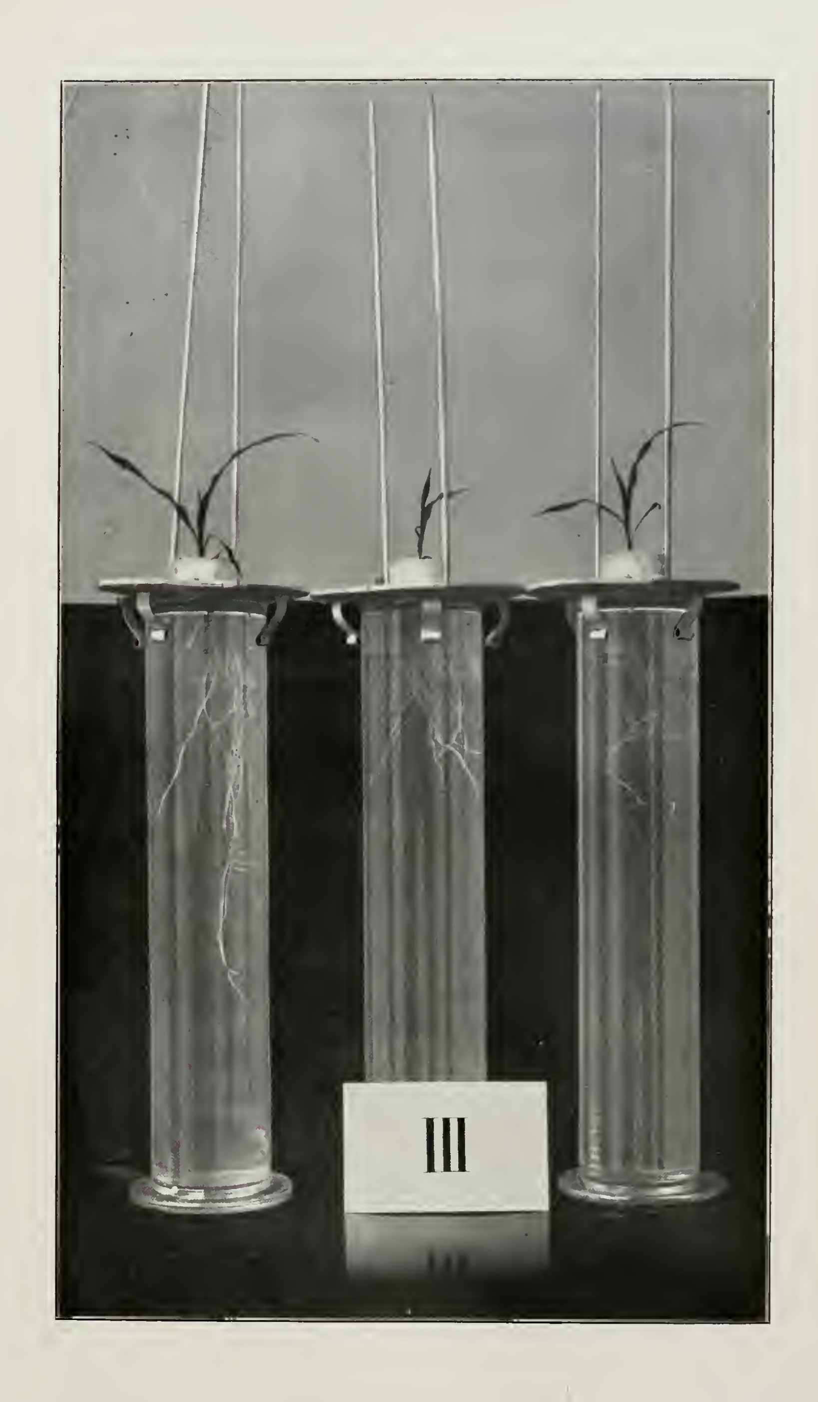
J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





J. Stoklasa, J. Šebor et E. Senft.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin.

Band XXX.

Erste Abteilung:
Anatomie, Histologie, Morphologie und Physiologie der Pflanzen.

Heft 3.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Ausgegeben am 1. September 1913.

Inhalt.

Die Beiträge erscheinen in zwangloser Folge. Jeder Band umfaßt 3 Hefte. Preis des Bandes **M. 16.—.**

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen oder direkt vom Verlage C. Heinrich, Dresden-N.

Zusendungen von Manuskripten und Anfragen redaktioneller Art werden unter der Adresse: Geh. Regierungsrat Professor Dr. O. Uhlworm, Berlin W., Hohenzollerndamm 4, mit der Aufschrift „Für die Redaktion der Beihefte zum Botanischen Centralblatt" erbeten.

Untersuchungen an Bananenblütenständen.
I.—IV. Teil.

Von

Paul Baumgartner.

Mit Tafel XIII und 26 Abbildungen im Text.

Vorwort.

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, auf Grund möglichst allseitiger morphologischer Untersuchung einiger Bananenblütenstände die normalen und abnormen Blütenformen der Bananen zu schildern und die Natur ihrer Partialinfloreszenz zu ergründen, sowie die Besonderheiten der untersuchten Arten hinsichtlich dieser Teile in ihrer Abhängigkeit von den gestaltenden Kräften darzustellen.

Infolge des allzu großen Umfangs der ganzen Arbeit kann hier nur ein Teil der untersuchten Fragen behandelt werden, nämlich:

1. Die allgemeinen Grundlagen: Terminologie, Systematik und Wachstumsbedingungen;
2. Materialbeschreibung;
3. Ontogenie der Blüte;
4. Der Bau der einzelnen Organe der normalen Blüte.

Die zum größten Teil fertig vorliegenden Resultate der weiteren Untersuchungen werden später veröffentlicht.

In der Benennung der Arten halte ich mich streng an Schumanns Bananenmonographie in „Engler, Das Pflanzenreich" und lasse deshalb alle Autorennamen weg. Schwierigkeiten entstehen nur insofern, als die hauptsächlichsten Kulturbananen *Musa paradisiaca* und *sapientum* in jener Arbeit als Subspezies mit anderen Formen zu einer einzigen Art vereinigt werden im Gegensatz zum

früheren Usus. Um allen verständlich zu sein, führe ich jede dieser Formen mit dem vollen Namen nach Schumann an, wobei aber die früher nicht üblichen Bezeichnungen eingeklammert werden. Statt *M. paradisiaca* schreibe ich also *Musa paradisiaca* (subsp. *normalis)* und statt *M. sapientum* heißt es *M. (parad.* subsp.) *sapientum* etc.

Die Untersuchung von *M. Ensete* und *Cavendishii* wurde im Laboratorium des Botanischen Museums der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich durchgeführt und die Originale der Zeichnungen zumeist Herrn Prof. Dr. C. Schröter vorgelegt. Die aus dem Bot. Garten der Universität Zürich stammenden Rhodochlamydeen-Infloreszenzen hingegen wurden zu Hause untersucht, da eben Ferien waren. Hierdurch wurde auch ein für einige Fragen notwendiges fast ununterbrochenes Arbeiten ermöglicht.

Daß ich manche Frage nur andeutungsweise berühren und bei manchen keine sichere Lösung bringen konnte, ist die unausbleibliche Folge der Unmöglichkeit, stets das nötige frische Material dieser bei uns so selten blühenden Gattung zu beschaffen.

Es drängt mich, Herrn Prof. Dr. Schröter auch hier nicht nur für die Überlassung und Beschaffung von Material und Literatur, sondern vor allem auch für die Geduld gegenüber dem langsamen Fortschreiten der Arbeit und für seinen Rat bei der Abfassung meinen lebhaftesten Dank auszusprechen. Ebenso ist es mir eine angenehme Pflicht, den Herren Dr. Ullmann-Mammern, Prof. Wegelin-Frauenfeld und Prof. Dr. Hans Schinz für Übersendung und Überlassung von Material und für Förderung durch Beantwortung von Fragen auch hier zu danken.

Inhaltsübersicht.

I. Allgemeiner Teil.

A. Terminologie.

In der Bananenliteratur finden sich für die einzelnen Teile der Bananen, besonders aber für die Teile der Blüte eine größere Zahl von z. T. einander widersprechenden, z. T. irreführenden oder wenigstens hier in einem sonst nicht üblichen Sinne angewendeten Namen. Ein Vergleich der Resultate der Bananenforscher wird dadurch erheblich erschwert, ebenso ein Vergleich ihrer Resultate mit den an anderen Gattungen und Familien gewonnenen. Ich habe mich dadurch nach langem Zögern veranlaßt gesehen nach Bezeichnungen zu suchen, die einerseits in die übliche Nomenklatur hineinpassen, anderseits das Wesentliche möglichst scharf herausheben. — Auch sachlich zeigt die Bananenliteratur Widersprüche in den Angaben über besonders wichtige Teile. So sehe ich mich genötigt, in diesem orientierenden Abschnitte kurz das zusammenzustellen, was von den bisherigen Resultaten als Grundlage zum Studium meiner Arbeit vorausgesetzt werden soll; doch werde ich auch hier schon neue Resultate einflechten, wo es zweckmäßig erscheint.

a. Stellung und Diagramm der Blüte. Terminologie der Blüte und ihrer Teile.

1. Gruppierung der Blüten (die Schar oder Partialinfloreszenz. Fig. 1).

In der Achsel eines Tragblattes (Braktee) findet sich meist eine stattliche Zahl von Blüten (Maximum bisher 48); seltener finden sich nur 2—6 oder gar nur eine Blüte. Die Blüten zeigen bekanntlich eine sehr charakteristische Anordnung, indem sie — bei kleinerer Zahl — in einer einzigen oder — bei 7 und mehr Blüten — in 2 Querreihen stehen, die wenigstens bei höheren Zahlen stets sehr deutlich unterschieden sind. Mehr als 2 Reihen treten nie auf. Die **Aussenreihe** (= vordere, phylloskope Reihe) enthält, was bisher oft übersehen wurde, in letzterem Falle eine etwas (um 1—4) kleinere Zahl von Blüten, die vor den Lücken der Blüten der **Innenreihe** (= hintere, axoskope Reihe) stehen, doch so, daß links[1]) stets vor jeder Lücke eine Blüte der Außenreihe steht, die linke Hälfte also durchaus **zwei**reihig ist, während rechts sich öfter

[1]) Rechts und links immer gleich zur Rechten oder Linken des Beobachters.

vor den 2—4 äußersten Lücken, in der Regel wenigstens vor der am meisten rechts befindlichen Lücke der Innenreihe keine Blüte der Außenreihe mehr befindet, die Anordnung zu äußerst rechts also **ein**reihig ist. Die Gruppierung ist also **asymmetrisch**, aber doch gesetzmäßig! Die Blüten beider Reihen oder der einzigen Reihe stehen meist ganz dicht und berühren sich daher von unten bis oben, sich in der Kontur gegenseitig beeinflussend. —Die äußerste oder äußersten Blüten rechts und links nenne ich rechte und linke **Randblüten**, die andern (ohne Rücksicht auf die Zugehörigkeit zur Außen- oder Innenreihe!) **Binnenblüten.** — Die Zählung der Blüten beginne ich, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt, aus später zu erwähnenden Gründen rechts. — Die Blüten sitzen[1]) meist einer gemeinsamen Grundlage auf, dem **Blütenpolster** oder **Podium** (Fig. 6 I—III). Es ist dies eine langgestreckte, bald etwas höhere, bald niederere (bei andern Arten ganz fehlende) Vorragung im Grunde der Achsel des Tragblattes, eine Vorragung, die stets phylloskop auf die ganze Länge und Höhe mit der Basis des zugehörigen Tragblattes verwachsen ist und da-

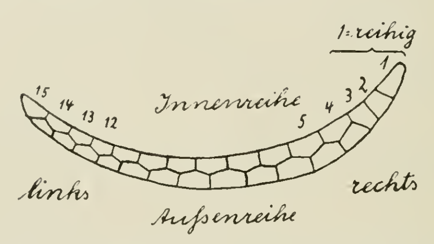


Fig. 1. Schema der Anordnung der Blüten in der zweireihigen Schar, von oben gesehen. Zählung der Blüten der Innenreihe.

her leicht übersehen werden kann. Ist ein Podium vorhanden, so bleibt es natürlich meist mit den Brakteen an der Achse, da es mit ihnen verwachsen ist, oder fällt mit ihnen ab. Dadurch ist wohl auch in der Regel das Verhalten der nichtfruchtenden Blüten bestimmt. Fehlt ein Podium, so sitzen die Blüten also direkt der Achse auf, so daß Brakteen und Blüten unabhängig voneinander abfallen können.

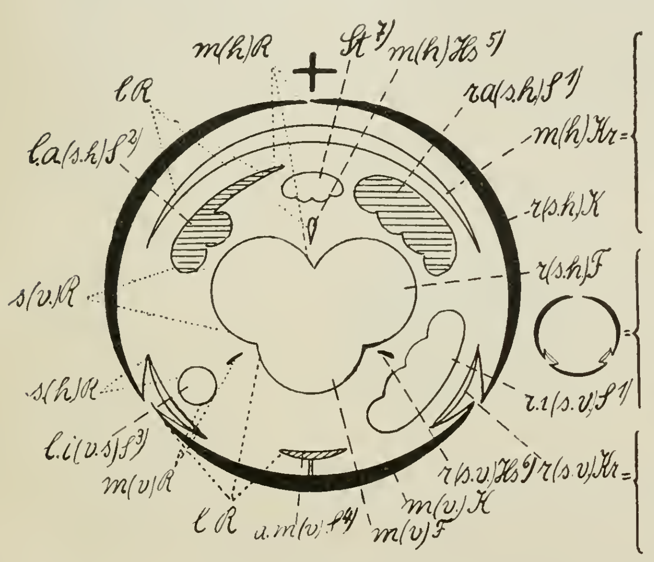
Schumann nannte die Gesamtheit der in einer Tragblattachsel stehenden Blüten „seriale Schar“. Auf Grund meiner von Schumann abweichenden Resultate über die Entstehung der eigen-

[1]) Doch heißt es von den Eumuseen *M. Banksii*: „bacca longe pedicellata“, von *M. tomentosa:* „bacca basi crasse pedicellata“, von der Rhodochlamydee *M. sumatrana:* „baccas basi in pedicellum 2 cm longum acuminatas.“ Da die betreffenden Formen in keiner anderen Hinsicht besonders primitiv zu sein scheinen, und da bei *M. tomentosa* wenigstens auch eine Zuspitzung im oberen Teil der Frucht zu finden ist, liegt der Gedanke nahe, daß es sich auch hier nicht um ein sonst fehlendes Organ, also um einen echten Stiel handle, sondern um einen basalen nicht oder relativ wenig anschwellenden Teil des Fruchtknotens, der so einen Stiel vortäuscht. (S. auch Fig. 12 b: Beginn solcher Stielbildung?)

artigen Gruppierung verwende ich die neutralen Namen **Schar** oder **Partialinfloreszenz.**

2. Grundzüge des Diagramms.

Die Blüten aller Bananen haben, wie unter anderen Alex. Braun (s. Wittmack) durch sorgfältige Untersuchung der ausgewachsenen Blüte und Payer durch Klarlegung der Ontogenie nachwiesen, trotz Zygomorphie in Hülle und Andrözeum den typischen Bau der Liliiflorenblüten mit unterständigem Fruchtknoten. Sie zeigen also fünf Kreise (wenn die innerhalb der Fruchtfächer gelegenen interseptalen Honigdrüsen als besonderer — innerer Fruchtblatt- — Kreis dazugerechnet werden, aber sechs Kreise), von denen die zwei äußersten auf die Hülle, die zwei folgenden auf das Andrözeum und der Rest auf das Gynözeum fällt. Die Kreise werden normalerweise dreigliedrig angelegt,



Calycis lobus inferior interior (Bot. reg.).
Petalum (neuere engl. Aut.).
Labellum (Crüger, Knuth).
Freies Blumenbl. (Schacht).
Oberlippe (Wittmack).
Tepalum liberum (Schumann)
Medianes Kronblatt (Verf.)

Calycis lobus superior exterior (Bot. reg.).
Calyx (besonders engl. Aut.).
Unterlippe (Wittmack).
Fahne (Werth).
Ob. Perig.-Abschn. (Knuth).
Mehrblättr. Hüllteil (Verf.).

Akzessorische Zipfel.
Kommissuralzipfel.
Inn. Perigonialteile (Krüger)
Tepala minora (Schumann)
Seitliche Kronblätter (Verf.)

Fig. 2. Benennung der Blütenorgane und ihrer Teile.
Darstellung verschiedener Staubblattformen etc.

F Fruchtblatt. *Hs* Honigspalte. *K* Kelch (äußerer Hüllkreis, schwarz). *Kr* Kronblatt, das mediane „lippig", die seitlichen „fädig" und mit Kelchbl. verwachsen. *R* Rand (resp. Hälfte, Teil etc.). *S* Staubblatt; schraffiert: äußerer Kreis; weiß: innerer Kreis. *St* Staminodium (rudimentäres medianes Staubblatt des inneren Kreises, mit Anthere). — *a* äußeres, *h* hinteres, *i* inneres, *l* linkes, *m* medianes resp. medianwärts gerichtetes, *r* rechtes, *s* seitliches resp. nach der Seite gerichtetes, *v* vorderes Organ (resp. Rand, Hälfte etc.). — *1* normale Staubblattentwicklung, bei voller Größe. *2* Medianwärts gerichtete Hälfte mit häutigem Flügel am Filament, ohne Antherenhälfte; vordere Hälfte normal. *3* auf Filament reduziert. *4* ebenso, doch flach, ähnlich seitl. Kronbl. und mit Perigonröhre verwachsen. *5* Hs. offen. *6* Hs. verwachsen, geschlossen. *7* nicht von voller Größe, sonst ± normal.

mit $^2/_1$ Stellung des äußersten Kreises und — wenigstens bei der Anlage — unter strenger Alternanz der Glieder der verschiedenen Kreise. — Die Symmetrale der Blüte ist ± nach der Infloreszenzachse gerichtet (also so, als ob die Blüten an unverzweigter Achse stünden). — Vorblätter fehlen dem Genus, resp. den *Musoideae* K. Schum. (finden sich aber bei allen anderen *Musaceae*, d. h. den *Strelitzioideae* K. Schum.).

3. Die Blütenteile und ihre Benennung. (Fig. 2).[1])

a. **Die Blütenhülle.** Ebenso eigenartig wie die Gruppierung der Blüten ist auch ihr Bau in den Einzelheiten. Gerade hier werden oft die wertvollen Mitteilungen älterer Autoren nicht berücksichtigt oder ihre Bedeutung nicht genügend erkannt, sodaß ich alle entscheidenden, auch neue Tatsachen hier anführen zu müssen glaube.

Bei gewissen Arten sind die beiden äußersten, die Hülle bildenden Kreise nach Ort und Zeit der Entstehung und später nach Aussehen und innerm Bau deutlich geschieden, so z. B. bei *M. Ensete.* Nach Wittmack haben bei ihr die äußern Blätter in der Struktur Ähnlichkeit mit den Tragblättern. Ich fand bei ihnen eine größere Zahl von Gefäßen und von begleitenden Gerbstoffzellreihen. Ferner zeigen sie (Fig. 3) phylloskop (und damit im Gegensatz zum normalen Laubblatt nicht auf der der Achse zugewendeten Seite, in Übereinstimmung mit ihm aber auf der infolge der ± senkrechten Stellung besser belichteten Seite, hier

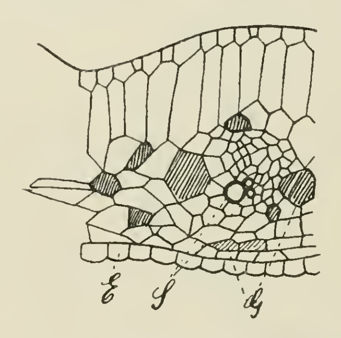


Fig. 3. Schnitt durch einen Teil eines Kelchblattes von *M. Ensete*, etwas schematisiert.

E dem Andrözeum zugewandte Epidermis. *S* Spiralgefäß. *G* (schraffiert) Gerbstoffzellen.

also der Unterseite!) unter der Epidermis eine Schicht großer radial gestreckter Zellen ähnlich Palisadenzellen. An den Blättern des innern Kreises fand ich keine solche Schicht. Ferner fand ich an den Blättern des äußern Kreises oft Spaltöffnungen, nicht aber an denen des innern Kreises.[2]) Endlich legen sich die Blätter des äußern Kreises bei *M. Ensete* (im Gegensatz zu andern!) ähnlich an wie die Brakteen, während die des innern Kreises ganz andere Anlageform zeigen und zuerst durchaus an Staubblattanlagen erinnern. (Fig. 16h.) Wiewohl die Blätter des äußern Kreises nie grün sind, nenne ich sie (aber nur sie) wegen dieser Übereinstimmungen und Differenzen doch **Kelchblätter.**

---

[1]) Über die Benennung durch andere Autoren s. Fig. 2.

[2]) Nach Palla finden sich aber auch am Filament gegen das Konnektiv hin zerstreute Spaltöffnungen, so daß sie bei längerem Suchen vielleicht doch auch irgendwo an den Kronblättern zu finden sind.

Die Blätter des 2. Kreises sind wenigstens bei *M. Ensete* in abnormen Fällen alle (normalerweise aber nur eines) ausgesprochen kronblattartig. Ich nenne daher alle drei (nicht nur das mediane, das sich später oder von Anfang an besonders entwickelt) **Kronblätter.** Meistens sind aber die Unterschiede zwischen Kelch- und Kronblättern dadurch verwischt, daß 1) der Kelch eine blumenkronartige Färbung erhält; 2) die Kronblätter sich (abgesehen von abnormen Fällen) sehr stark differenzieren, wobei die beiden phylloskopen immer mehr Farbe und Gestalt der Kelchblätter annehmen und mit letztern verwachsen; in extremen Fällen so sehr, daß die freien Enden nur noch kleine Zipfelchen (Fig. 4b und Fig. 21) auf einer 10 und mehr mal längeren Basalzone bilden. Es entsteht damit — abgesehen vom abweichenden Verhalten des einen medianen Kronblattes — eine dem buntblättrigen Perigon der Liliazeen, speziell dem syntepalen von *Hyacinthus, Muscari* etc. analoge Bildung. Es finden sich bei den Bananen also zwei verschiedene, aber durch Übergänge verbundene Typen der Ausgestaltung der beiden äußern Kreise (ähnlich heterochlamydeisch und homoiochlamydeisch petaloid). — Als beiden Kreisen gemeinsame Namen verwende ich die Bezeichnungen **Hüllkreise, Hülle** oder **Chlamys.**[1])

In jedem dieser Kreise sowie auch in den folgenden benenne ich die Organe in erster Linie nach ihrer Stellung und unterscheide so (Fig. 2) seitliche und mediane, die je nach Zugehörigkeit zum 1., 3. und 5. oder 2. und 4. Kreis hintere (axoskope) oder vordere (phylloskope) Organe sind. Im Kelch finden sich also zwei seitliche resp. hintere (axoskope) und ein medianes resp. vorderes (phylloskopes) Blatt. Ebenso im äußern Staubblatt- und im Fruchtblattkreis. Im Kronblattkreis ist das mediane (hintere) Blatt besonders gestaltet. Es bleibt 1. frei und durchaus selbständig, 2. zeigt es eine durchaus selbständige Form und Farbe (weiß, ev. mit rötlicher Aderung), während die seitlichen sich in jeder Beziehung immer mehr den Kelchblättern nähern und mit ihnen verwachsen, bis sie schließlich nur bei genauer Beobachtung von ihnen zu unterscheiden sind. Ist ein Kronblatt beliebiger Stellung breit (wie dies für das mediane Blatt die Regel ist), so nenne ich es mit andern Autoren auf Grund dieser Form „lippig". Es kann dabei ganzrandig (Fig. $4b_1$) eiförmig bis + lanzettlich[2]) oder dreispitzig sein (Fig. $4a_1$). Im letzteren Fall besteht es aus einem untern Teil mit 2 seitlichen nach oben und außen gerichteten Seitenspitzen an der Oberkante und einer schmalen in der Länge wechselnden Mittelspitze. Die seitlichen Kronblätter sind bei *M. Ensete* schmal und dünn, „fädig", und leicht zu übersehen (Fig. 4a), da sie nicht über die falschen (s. u.) Buchten der Kelchblätter herausragen; bei *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen* sind sie deutlich sichtbar und den Kelchblättern ähnlich. (Fig 4b und Fig. 21.)

---

[1]) In dem Subgenusnamen *Rhodochlamys* hat das Wort Chlamys eine von der üblichen Verwendung (mono-, hetero-, homoiochlamydeisch etc.) leider durchaus abweichende Bedeutung: Es wird darunter das bei diesem Subgenus meist rote Tragblatt verstanden. Die Blütenhülle selbst ist in dieser Gruppe stets gelb oder gelblich, nie rot.

[2]) Für die *Rhodochlamydeen* wird es als „lineare" bezeichnet. Mir ist auch aus Abbildungen keins bekannt, das so benannt werden könnte.

Ihre volle Eigenart erreicht die Bananenblüte aber erst dadurch, daß, wie schon bemerkt, in der normalen Blüte die Kelchblätter nicht nur unter sich, sondern auch mit den seitlichen Kronblättern (bei *M. Ensete* freilich nur wenig, Fig. 4a, bei den andern Arten aber meist hoch hinauf, s. Fig. 4b und Fig. 21) verwachsen, während das mediane Kronblatt frei bleibt. Die Blütenhülle besteht also ohne genaue Prüfung normalerweise nur aus zwei sehr ungleichen Organen. Diese vom üblichen Bau der diplochlamydeischen Blüte so sehr abweichende Ausbildung hat bisher keinen besonderen Namen erhalten, z. T. wohl mit Rücksicht auf die sehr geringe Verbreitung; denn ähnliches findet sich m. W. nur bei den meisten *Heliconieae*,[1]) fehlt aber den übrigen *Musaceae* und den andern *Scitamineae* etc. — Auch unter den für den äußern Teil verwendeten Namen findet sich trotz ihrer großen Zahl (Fig. 2 unten rechts) kein wirklich passender. Am besten scheinen mir Bezeichnungen wie Fahne und Lippe, sofern sie biologisch und nicht morphologisch gemeint sind. Da es sich hier um den Vergleich der Organe nach der Entstehung handelt und deshalb durchaus scharfe Bezeichnungen nötig sind, nenne ich den aus einem einzigen Blatt bestehenden Teil nach seiner Stellung und Entstehung das **mediane** (oder in abnormen Blüten auch linke oder rechte freie) **Kronblatt.** Der größere zweite Teil ist dann am besten als verwachsenblättriger, phylloskoper Teil der diplochlamydeischen Hülle (resp. des korollinischen Perigons) oder kürzer als **verwachsen-** oder **mehrblättriger Hüllteil** zu bezeichnen. (Die Bezeichnung „äußerer Hüllteil" ist insofern nicht passend, als ja auch Organe des innern Kreises dazu gehören; die Bezeichnung „vorderer" oder „phylloskoper Hüllteil" paßt zwar für die normale Bananenblüte, aber nicht immer für die abnorme, und gar nicht für die analoge Bildung der Mehrzahl der *Heliconieae*. — Die Hülle als Ganzes ist in ihrer höchsten Ausbildung (*Eumuseen* und *Rhodochlamydeen*) wohl am besten als **zweiteiliges dikorollinisches Perigon**, auf den tiefern Ausbildungsstufen (*M. Ensete* etc., speziell Trugfruchtblüten und abnorme Blüten) als **zwei- bis mehrteilige subdikorollinische Blütenhülle** zu bezeichnen. — Den verwachsenen untern Teil des verwachsenblättrigen Hüllteils nenne ich (gemeinsame) interkalare **Basalzone** oder auch **Perigonröhre** (*Pr* in Fig. 4a und b etc.). Sie ist in der Mediane hinten offen; doch decken sich auch hier die Ränder in der Knospe. **Echte Kelchbuchten** (*Kb* resp. *mKb* und *sKb* in Fig 4a und b etc.) nenne ich die Stellen, die den Lücken zwischen den Kelchblattanlagen im Primord entsprechen. Die mediane echte Kelchbucht findet sich, wie aus obigem hervorgeht, stets auf dem Blütenboden,

[1]) Hier bleibt aber (s. Eichler u. a. A.) ein Kelchblatt (und zwar ebenfalls das mediane, aber damit zugleich phylloskope) frei und es verwachsen alle drei Kronblätter unter sich und mit den zwei seitlichen Kelchblättern. Bei andern *Heliconieae* sind nur die Kelchblätter verwachsen und zwar zu einer in der Mediane offenen Röhre. Die *Lowioideae* besitzen einen allseitig verwachsenen Kelch und getrennte Kronblätter. Die Hüllen von *Ravenala* und *Strelitzia* zeigen gar keine Verwachsungen. Hierin wie in manchem andern sind diese Genera also deutlich die primitivsten *Musaceen*.

pie seitlichen dagegen am obern Rande der interkalaren Basalzone. Bei *M. Ensete* kommt es zu einer sekundären Verklebung der über die Basalzone aufragenden, ursprünglich freien Teile der 5 Blätter des verwachsenblättrigen Hüllteils. Die Buchten, die am obern Ende beim Aufblühen durch Auseinanderbiegen der Spitzen der Kelchblätter entstehen, nenne ich zwecks schärferer Unterscheidung **falsche Kelchbuchten** (*f Kb* in Fig. 4 a). Sie fehlen übrigens den *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen*, resp. sind bei ihnen nur durch Überkreuzung der Ränder angedeutet; ebenso in der Mediane hinten in allen Subgenera nach dem Aufblühen.

b. **Das Andrözeum.** Die Alternanz der Kreise ist ferner dadurch gestört, daß von den sechs angelegten Staubblättern (mit langen basifixen, dithelken, introrsen Antheren) in den nichtfruchtenden Blüten, seltener auch

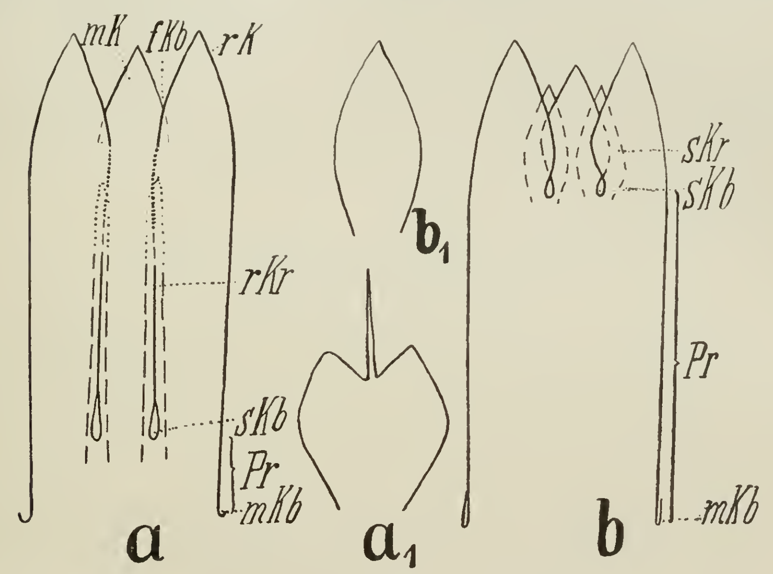


Fig. 4. Schema der Haupttypen der Blütenhüllteile, ausgebreitet und von außen gesehen.

a „dreizipfliger“ mehrblättriger Hüllteil und a_1 dreiteiliges medianes Kronblatt der *Physokaulideen*. *b* fünfzipfliger mehrbl. Hüllteil und b_1 ganzrandiges medianes Kronblatt der *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen*.
mKb und *sKb* mediane und seitliche (echte) Kelchbucht. *fKb* falsche Kelchbucht (und die ihr entsprechende Stelle bei *Eumuseen* und *Rhodochl.* *Pr* Perigonröhre (Basalzone). Übrige Bezeichnungen s. Fig. 2.
Ausgezogene Linie: freie Ränder, von außen sichtbar. Gestrichelte Linien: ebenso, von innen sichtbar. Grob punktiert: Verklebte Stellen der s. Kelchblätter. Fein punktiert: Verklebte Ränder der s. Kronblätter.

in den Fruchtblüten, meist eines (das mediane des innern Kreises[1]) rückgebildet ist oder noch häufiger ganz verschwindet, wobei die beiden daneben stehenden Staubblätter (r. a. S. und l. a. S. Fig. 2) oft so dicht zusammenrücken, daß

[1]) Ich benenne die Staubblätter wie hier immer nach der Stellung (s. Fig. 2). Für das mediane innere Staubblatt verwende ich mit andern Autoren bei rudimentärer Ausbildung auch die Bezeichnung **Staminodium**, doch ohne Rücksicht auf die Intensität der Rückbildung der Anthere!

nicht einmal eine größere Lücke auf den Ausfall eines Organes hindeutet. Die 5—6 Staubblätter der fertigen Blüte stehen ferner ziemlich gleichweit vom Griffel ab und bilden so scheinbar meist einen einzigen Kreis.

c. **Das Gynözeum.** Der Stempel ist deutlich dreiteilig und behält damit noch am deutlichsten den Charakter des Liliazeendiagramms. Die drei Fruchtblätter sind freilich fast stets von unten bis oben verwachsen, der Griffel kann zu einer wenig gefurchten Säule, die Narben zu einem fast ungeteilten halbkugelförmigen Organ werden. Der unterständige Fruchtknoten zeigt aber stets drei gleiche Samenfächer mit je zwei Reihen zentralwinkelständiger Samenanlagen.

Innerhalb und über den Samenfächern (Fig. 7f und Tafel XIII, Fruchtblüten) oder, wo diese fehlen, den ganzen Fruchtknoten ausfüllend (nichtfruchtende Blüten, Tafel XIII, Fig. 7d) finden sich drei (inter-)septale Honigdrüsen, die in der Tiefe zu einer einzigen verschmelzen. Sie münden über den Septen, zwischen Griffel und Staubblatt, durch die **Honigspalten** auf den Blütenboden. In der Regel obliterieren aber entweder die mediane oder die beiden seitlichen Spalten. Eine Ausweitung des Blütenbodens zwischen Griffel und medianem Kronblatt, resp. den zwei hintern äußern Staubblättern heißt **Honighöhle.** (Fig. 7d, f, etc.)

Die Teile der einzelnen Blätter benenne ich so weit möglich ebenfalls nach der Stellung (s. Fig. 2, linke Hälfte).

b. Einteilung und Benennung der Blüten. Frucht und Fruchtbildung.

Vorbemerkung. Meine Absicht, die Blüten der untersuchten Arten nach ihrem Bau und ihrer onto- und mutmaßlichen phylogenetischen Entstehung zu vergleichen, stieß auf besonders große Hindernisse an der Terminologie der bei den Bananen unterschiedenen Typen, ferner aber auch in all den Gebieten, die hier hereinspielen (Frucht und Fruchtbildung). Da die Schwierigkeit m. E. darin begründet war, daß das gewählte Wort und die Sache sich in der Regel nicht mehr deckten, weil dem Wort im Lauf der Zeit eben oft zwecks einer bestimmten Definition ein bestimmter neuer Sinn untergeschoben wird, so suchte ich schließlich nach neuen, möglichst aus sich heraus verständlichen Bezeichnungen. Ich hoffe, daß meine jeweiligen Angaben zu den einzelnen Termini genügen, um die Opportunität und Notwendigkeit solchen Verfahrens klarzulegen und mein Beginnen zu entschuldigen. Ist es doch keine Seltenheit mehr, daß für ein und dieselbe Sache eine ganze Reihe von Termini bestehen, von denen jeder bei andern Autoren eine andere Bedeutug hat, so daß ein gegenseitiges Verständnis nicht mehr möglich ist, ohne daß man sogar die der deutschen Sprache entlehnten Wörter jedesmal definiert.

Bei den meisten Bananenarten treten zwei in sich einheitliche, voneinander scharf verschiedene Blütentypen[1]) auf. In den untersten Tragblättern findet sich, stets in einer meist relativ kleinen Zahl von Blüten, ein meist recht ein-

[1]) Ich verwende Typus und Form ohne Unterschied, sowohl hier als auch später bei Behandlung der abnormen Blüten. Die zahlreichen Übergangsformen, die sich gelegentlich finden, müßten andernfalls durch eine überfein abgestufte Terminologie der Nüanzierungen gekennzeichnet werden.

heitlicher Typus, der sich durch das Vorhandensein von Samenfächern und vollständigen (aber z. T. in den verschiedenen Scharen verschieden gebauten) Griffeln mit Narbe, vor allem aber durch die Fähigkeit des Fruchtknotens zu weiterm Wachstum nach dem Aufblühen, resp. durch Fruchtbildung ausgezeichnet (Tafel XIII unten, Fig. 7 b etc.). — Der andere Blütentypus (Tafel XIII, oben, Fig. 7 a, d etc.) nimmt meist den ganzen übrigen, stets weit größeren Teil der Infloreszenz ein. Sein Fruchtknoten wird nie zur Frucht, d. h. er stellt mit dem Aufblühen sein Wachstum ein. Die Staubblätter sind bei diesem Blütentypus wenigstens äußerlich stets wohl entwickelt, der Griffel ist dagegen oft deutlich rudimentär, ohne Narbe; Samenfächer fehlen. Blüten vom ersten Typus werden von den meisten Autoren als weibliche oder auch als fertile, Blüten vom zweiten Typus dagegen als männliche resp. sterile bezeichnet.

Diese Benennung nach dem Geschlecht ergibt auch bei richtiger Anwendung, wie aus den spätern Darlegungen ersichtlich wird, durchaus keine geeignete Vergleichsbasis und ist auch sonst sehr anfechtbar. So entspricht sie schon deswegen nicht den notwendigen wissenschaftlichen Anforderungen, weil in allen[1]) untersuchten Blüten sowohl Staub- als Fruchtblätter angelegt werden und zur Entwicklung kommen, wenn sich vom Staubblatt auch oft nur ein antherenloses Filament resp. ein wenige Millimeter langer Filamentrest, vom Fruchbatt oft nur ein narbenloser $\pm$ verkürzter, ev. auch sonst veränderter Griffel findet. Zudem finden sich in Blüten vom 1. Typus nicht selten wohlentwickelte Staubblätter und zwar bei verschiedenen Arten — sogar mit Pollen — während bei Blüten vom zweiten Typus relativ noch häufiger äußerlich durchaus normale Griffel und normale Narben zu finden sind, ohne daß dadurch der Charakter des Typus im übrigen beeinflußt werden müßte, resp. eine Annäherung an den andern Typus stets die Folge wäre. Da nun in der Regel freilich entweder der Pollen oder die Samenanlagen oder beide fehlschlagen oder selten ganz fehlen, handelt es sich in der Regel also um andro- oder gynodyname Zwitterblüten, oder nach der Benennung Kerner's um männliche oder weibliche oder gar taube Scheinzwitterblüten[2])

[1]) So auch stets in allen Beschreibungen angegeben, soweit ich auch für andere Arten die Originalliteratur nachsah. In den Zeichnungen sind freilich hier und da die vertrockneten fadenartigen Filamentreste — wohl der Übersichtlichkeit halber — weggelassen worden, ohne ausdrücklichen diesbezüglichen Vermerk bei der Figur. Dies und die Einteilung im Linné'schen System als monözische Planzen mit eingeschlechtigen Blüten leisten leider falschen Anschauungen leicht Vorschub.

[2]) Das Wort Schein- wird in der botanischen Literatur in recht verschiedenem Sinne als Bestimmungswort in zusammengesetzten Wörtern verwendet und dadurch manche Verwirrung hervorgerufen. In Scheinstamm, -frucht, -dolde, -ähre etc. bedeutet es eine morphologische Ähnlichkeit mit dem im Grundwort (-stamm, -frucht etc.) angedeuteten Begriff. Das mit Schein . . . bezeichnete Gebilde ist letzterem aber durchaus nicht homodynam resp. homolog. In Scheinzwitter dagegen bedeutet es eine physiologische Abweichung (und zwar im Sinne einer Reduktion) von dem im Grundwort genannten Zustand. Das einemal wird also ein Gebilde ev. ganz anderer Art, das andremal dagegen eine verschwundene Funktion vorgetäuscht. Es dürfte deshalb zu empfehlen sein, das Wort Scheinzwitter nicht mehr im Sinne Kerners zu verwerten. (Bei analoger Verwendung wie in Scheinstamm etc. wäre dieses ja am besten auf das Cyathium der Euphorbiazeen an-

aber nie um echte Frucht- oder Pollenblüten (resp. eingeschlechtige Blüten im Sinne Linnés nach Kerner). Höchstens handelt es sich noch um Übergänge zu den wirklich eingeschlechtigen Blüten. Diesen Mangel in der Benennung scheint einzig S. Kurz genügend groß gefunden zu haben. Er nannte die Blüten — nach Zitat in Baker — „männliche" und „weibliche Zwitterblüten".

Nur bei wenigen Arten — und bei diesen auf einen Teil eines einzigen Tragblattes oder auf 1—3, selten mehr Tragblätter an der Grenze zwischen den bisher erwähnten Typen beschränkt — findet sich ein dritter Blütentypus. Diese Blüten werden als Zwitterblüten bezeichnet. Frucht- und Staubblätter sind bei ihnen in allen Teilen wohl entwickelt. Die Frucht ist freilich kleiner und anders geformt als bei den sog. weiblichen Blüten. Im übrigen halten diese Blüten die Mitte zwischen den beiden andern Typen oder schließen sich mehr den sogenannten männlichen oder weiblichen an.

Nur ein Bestäubungsversuch an solchen Blüten lieferte m. W. bisher keimfähige Samen. Doch wurde der Pollen sog. männlichen Blüten entnommen, so daß der experimentelle Nachweis des Vorkommens echter Zwitterblüten bisher aussteht. (Für die Annahme parthenogenetischer Samenbildung finden sich allerdings bisher gar keine Anhaltspunkte). — Noch mag schon hier bemerkt werden, daß in der Literatur meist solche Blüten als Zwitterblüten angeführt sind, die nachweisbar den oben erwähnten ersten 2 Typen, also Übergängen zu echten Zwitterblüten im Sinne Kerners angehören. Oft werden unter diesem Namen aber sogar Blüten mit deutlichster Reduktion in einem Geschlecht angeführt.

Für *M. Cavendishii* wird noch ein 4. Blütentypus angegeben (Taf. I oben, Cav.; Fig. 9). Er ersetzt bei ihr am Infloreszenzende die sog. männlichen Blüten, denen er ganz ähnlich sieht. Die äußerlich wohlentwickelten Staubblätter der zugehörigen Blüten enthalten aber keinen Pollen. Diese Blüten heißen neutrale Blüten (bei Schacht) oder — wie Typus 2 — sterile Blüten. Sie sind physiologisch sowohl steril als neutral. Morphologisch aber sind sie als Zwitterblüten, resp. taube Scheinzwitterblüten nach Kerner mit Griffel, Staubblatt und Anthere anzusprechen.

In seiner neuesten Arbeit macht Tischler auf p. 53 kurz auf eine noch weitergehende Reduktion bei der ostafrikanischen Eßbananenrasse „*Kipanji*" aufmerksam.

Über einen weiteren Blütentypus (s. Fig. 8 Ue u. 10c, Blüte 3 u. 5) werde ich an entsprechender Stelle bei der ausführlichen Besprechung des Geschlechtes der Blüten berichten.

Noch unpassender als die Benennungen nach dem Geschlecht, und auch für den in die Bananenliteratur ziemlich Eingearbeiteten oft unverständlich

---

zuwenden, das in diesem Sinne eine „Scheinblüte" resp. Scheinzwitterblüte darstellt.) Ich schlage daher vor, es hier durch das unverbrauchte Bestimmungswort **Trug-** (also Trugzwitter) zu ersetzen, da ja das Charakteristische eben ist, daß der Forscher sich in der Erwartung einer bestimmten Funktion betrogen fühlt. In diesem Sinne werde ich später von einer Trugfrucht sprechen. Das Labell der Marantazeen etc. dagegen wäre eine Scheinlippe, da es ein lippenartiges Staubblatt ist. Entsprechend wären in Fremdwörtern zu unterscheiden: **-oid** (z. B. Carpoid = Scheinfrucht, Labelloid = Scheinlippe) und **pseudo-** (pseudocarp = Trugfrucht, pseudohermaphrodit = Trugzwitter etc.).

in ihrer wechselnden Bedeutung, werden die Bezeichnungen fertil und steril verwendet. Üblicherweise beziehen sich ja beide gleicherweise auf die Funktionsfähigkeit resp. -unfähigkeit sowohl des weiblichen als des männlichen Geschlechts, überhaupt sich geschlechtlich fortpflanzender Individuen. Dies kommt ja auch in der Benennung des 4. oben erwähnten Blütentypus zum Ausdruck. Viel häufiger ist aber bei den Bananen fertil im Sinne von frucht- resp. nachkommenschaftbringend verwendet (darum sog. männliche Blüten als steril von den sog. weiblichen oder fertilen getrennt). Doch wird gerade diese Auffassung bei genauem Zusehen sehr inkonsequent angewendet; denn die sog. Bananenfrüchte enthalten meist keine Samen, in gewissen Fällen sogar keine Samenanlagen. Das für die Frucht am meisten Charakteristische fehlt ihnen also. Im Sinne der ersten Auffassung sind diese Blüten wenigstens im weiblichen Geschlecht, meist aber in beiden durchaus steril! Endlich spielt noch eine dritte Auffassung mit, die unter fertil die Verwertbarkeit speziell als Nahrung versteht. In diesem Sinne sind die Eßbananen fertil, aber die mit keimfähigen Samen versehenen ungenießbaren Früchte anderer Arten (und nicht selten anderer Individuen derselben Art an anderen Standorten oder gar höher inserierte Früchte derselben Pflanze) nicht! Es liegt auf der Hand, daß eine vergleichende Bearbeitung der Bananen auch hierdurch auf die größten Schwierigkeiten stößt.

Am allerschwierigsten zu beantworten ist aber eine andere mit der weiteren Einteilung der Blüten in engstem Zusammenhang stehende Frage, nämlich die Frage: Wie ist die Bananenfrucht zu bezeichnen? Wie schon bemerkt, finden sich mehrere Fruchttypen und zwar nicht selten am gleichen Exemplar zwei oder mehr. Zunächst die bekannte langgestreckte, weiche, ± saftreiche, roh eßbare sog. Eßbanane[1]) und die gekocht eßbare sog. Gemüsebanane.[2]) Sie vor allem sind gemeint, wenn von bacca = Beere gesprochen wird. Als solche öffnen sie sich nicht und sind im Innern mehr oder weniger saftig. Die äußere Fruchtschicht ist nicht genießbar. Ein zweiter, weit seltenerer Typus ist ungenießbar, selbst für Affen ungenießbar, weil zu trocken und lederig. Diese Früchte[3]) sind kleiner und zeigen starke Anschwellungen durch die meist großen, sehr harten Samen (die obigem Typus stets fehlen. (Über höchst seltene Ausnahmen siehe Sagot und letzte Arbeit von Tischler.) Die Samen sind übrigens sehr wenig zahlreich pro Frucht und Fach (bei *Ensete* z. B. 2—3 pro Frucht, trotz viel zahlreicherer Anlagen!) und sehr groß, so daß die Frucht ± „kastanienartig“ aussieht. Die Samen dürften durch Verwittern und Zerfasern der Hülle frei werden. Auf diesen, das andere Extrem bildenden Fruchttypus paßt die Bezeichnung bacca gar nicht mehr, und doch sind gerade die Pflanzen mit diesen Früchten, wie später gezeigt wird, die primitivsten des Genus. Auch diese Frucht zeigt nun freilich

---

[1]) Roh eßbar sind z. B. die Früchte von *M. Cavendishii*, *M. discolor*, *M. acuminata*, *M.* (*paradisiaca* subsp.) *sapientum*.

[2]) Nur gekocht eßbar sind die Früchte von *M. paradisiaca* (subsp. *normalis*), *M. corniculata* und *M. Fehi* z. T.

[3]) Z. B. alle *Physokaulideen*, ferner *M. Fehi* in größerer Höhe über Meer, u. a. (Ausnahmen siehe später.)

mit keiner einheimischen Frucht, auf die ja die Namen zugeschnitten sind, große Ähnlichkeit. Doch zeigen die Früchte der nahe verwandten *Ravenala* einen Ausweg; es sind hier mit drei Klappen (von oben nach unten) aufspringende vielsamige Kapseln. Auch alle anderen Musazeen bringen dreifächrige, dreiklappige Kapseln hervor, nur *Heliconia* eine in drei Kokken zerfallende Kapsel. Auch die Bananenfrucht dürfte sich also — worauf ja schon die gestreckte Form und die drei langen Samenfächer im Innern hinweisen — von einer Kapsel ableiten, aber infolge der Ausbildung nur weniger oder gar keiner Samen sich eben nicht mehr öffnen, wie dies ja auch sonst nicht selten der Fall ist (Übergang von Balgfrucht zu Schließfrucht, von Schote zu Nüßchen etc.). Ich würde es daher für richtiger halten, wenn die Bananenfrucht als eine sich nicht (mehr) öffnende, wenigsamige oder samenlose ursprüngliche Kapselfrucht mit ursprünglich ledriger und trockener Schale, in den höheren Formen aber $\pm$ saftigem Fruchtinnern beschrieben würde, da nur so die verschiedenen Formen zusammenfassend bezeichnet werden können. Auch die Bezeichnung als gurkenähnliche Frucht, die sich hie und da findet, entspricht m. E. den Tatsachen noch besser als Beere, ist aber ebenfalls zu beschränkt.

Für die Einteilung der Blüten ist die Entstehung der beiden genannten und anderer vermittelnder Fruchtformen von Wichtigkeit. 1) Die m. E. primitiveren trockenen Früchte von *Ensete* etc. entstehen, soweit bekannt, nur nach Bestäubung (so experimentell festgestellt, Samenbildung bei Ausschluß von Bestäubung ist ganz unbekannt) und nur bei Reifung eines keimfähigen Samens. Bildung tauber, wenn auch ziemlich großer Samen führt bei ihnen — wenigstens in den wenigen von mir beobachteten Fällen — nicht zu voller Fruchtreife. Bei Ausbleiben von Samenentwicklung fehlt diesen Fruchtknoten jedes weitere Wachstum nach dem Aufblühen oder es hört wenigstens bald nachher auf. Es handelt sich also bei diesen Blüten um die normale typische Fruchtbildung.[1]) — 2) In den nächst unteren Scharen derselben Art und Infloreszenz, also etwas tiefer und damit hinsichtlich der Ernährung etwas günstiger gestellt, wachsen die Fruchtknoten aber auch ohne Samenbildung, zunächst freilich nur kurze Zeit, und welken dann. Je tiefer sie stehen, um so länger wachsen sie. Der Einfluß der Bestäubung ist unbekannt, in den unteren Scharen aber wahrscheinlich gleich null, da das Verhalten ganz von der Stellung abhängig erscheint: Die nebeneinanderstehenden Blüten verhalten sich genau gleich, entfernt stehende ungleich, unter strenger Beachtung später zu besprechender Stellungsgesetze! Die klein bleibenden Samenanlagen zeigen eine konstante Veränderung der Form gegenüber denen der Früchte von normalem Verhalten. 3) In den untersten Scharen endlich dauert

---

[1]) Ebenso bei *M. basjoo* und *ornata chittagong* nach d'Angremond auf Grund experimenteller Feststellung und zwar anscheinend für alle Blüten der unteren Region.

das Wachstum noch länger (so lange Nahrungszufuhr erfolgt? Angaben hierüber fehlen mir ganz). Die Frucht bleibt grün, wird sogar auch bei *Ensete* etwas saftig und übertrifft die normale Frucht endlich merklich an Länge. Ferner zeigt sie von unten bis oben ± den gleichen nur von der Umgebung beeinflußten Querschnitt. Die Samenanlagen weichen wieder von der Norm ab und bleiben alle auf derselben frühen Stufe stehen. (Soweit die mir vorliegenden ungenauen Angaben erkennen lassen, ist aber auch hier in einzelnen Fällen typische Fruchtbildung möglich. Dann zeigt aber auch die Frucht der untersten Scharen neben geringer Größe die „kastanien“artige Anschwellung etc. der normalen Frucht mit keimfähigen Samen!) 4) Bei den Eß- und Gemüsebananen[1]) fehlt der zuerst angeführte Fruchttypus und der zweite findet sich höchstens vereinzelt in den obersten Fruchtscharen. Ihre Früchte entsprechen alle im Prinzip denen der untersten Scharen von *Ensete*, nur sind sie noch größer und vor allem saftiger und bei normaler Entwicklung stets samenlos. In den extremsten Fällen werden die Samenanlagen sogar wieder resorbiert oder gar nicht mehr angelegt. 5) Endlich findet sich eine zwischen dem ersten und dritten Typus vermittelnde Form. Die Fruchtbildung erfolgt spontan, in allen Blüten gleichmäßig und sozusagen gleichzeitig, gleichviel ob befruchtet oder nicht; diese Frucht sieht nicht wesentlich anders aus, wenn sie keimfähige Samen oder nur wenig entwickelte Samenanlagen enthält (in meinem von nicht künstlich bestäubten Gewächshausexemplaren stammenden Material war von diesem Typ nur letztere Form vorhanden).

Die Fruchtbildung von Eß- und Gemüsebananen, vermutlich aber auch vom 3. und 2. Typus erfolgt übrigens (z. B. entgegen der Angabe Nolls im Bonner Lehrbuch, p. 204) ohne jede Bestäubung.[2]) Sie erreicht nämlich im extremsten Fall bei noch geschlossener Blüte in geschlossenen Brakteen schon eine beträchtliche Länge (bis 1 dm lang!), auch wenn Antheren und Pollen ganz fehlen.

Noll hat für die Entstehung von Früchten (ohne keimhaltige Samen, resp. ohne Samen) ohne Bestäubung die Bezeichnung Parthenokarpie oder Jungfernfruchtbildung eingeführt. Winkler und andere dehnten aber diesen Begriff nach zwei Seiten aus, indem sie einerseits dazu auch alle Fälle zählen, bei denen Fruchtbildung zwar ohne Befruchtung, aber unter Mitwirkung eines Pollenreizes zustande kommt, anderseits aber auch jene Fälle hier subsumieren, in denen die Fruchtbildung begleitet ist von der Bildung eines

[1]) Mit Rücksicht auf die eben erschienene Arbeit von Tischler und andere Autoren verweise ich nachdrücklich auf die Arbeiten Sagots, in denen zahlreiche Angaben über die wechselnde Samenbildung zu finden sind. Sehr zu bedauern ist, daß aus dem Zitat von Tischler nach den Angaben von Herrn Prof. Went auf pag. 49 weder ersichtlich ist, ob die Frucht, die jenen Samen lieferte, gewöhnliches oder abweichendes Aussehen hatte, noch an welchem Teil der Infloreszenz sie gestanden hat, noch wie die Früchte der aus den Samen entstandenen Pflanze aussahen.

[2]) Siehe die Angaben d'Angremonds über diesbezügliche Versuche an *M. parad.* subsp. *sapientum*, die obiges durchaus bestätigen.

nicht durch Befruchtung entstandenen Embryos (Parthenogenesis resp. Apogamie). Übereinstimmung herrscht ja freilich darin, daß die Ursache des Wachstums, der reizauslösende Vorgang, nicht die Bestäubung ist. Im Grunde genommen paßt der Name rein sprachlich zudem für diese Bildung nicht schlechter, m. E. sogar besser als für die ursprünglich damit bezeichnete Erscheinung. Letztere verdient auf alle Fälle, da sie zur Vermehrung ebenso beiträgt wie die normale Frucht, die Einreihung unter die Früchte; erstere verdient sie aber nur auf Grund der Übereinstimmung (im Bau und in der Anlage und Entstehung) mit den entsprechenden Teilen der normalen Frucht; nach ihrer Funktion — durch das Fehlen des wichtigsten Teils — ist sie aber keine Frucht mehr, die Bezeichnung Jungfern„frucht" ist daher nicht unanfechtbar. Ich nenne die keimlosen, ohne Bestäubung entstandenen fruchtartigen Bildungen aus den erwähnten Gründen daher in der Regel nicht Jungfernfrucht, sondern, entsprechend einer früheren Anregung (Anm. 2, p. 249/50), **Trugfrucht**, um so eine scharfe Scheidung von den Früchten mit parthenogenetischer resp. apogamer Samenbildung zu haben. Ich stelle damit die Trugfrüchte sowohl den letzteren, den echten Früchten mit parthenogenetischer Samenbildung, als auch den echten Früchten mit normaler Samenbildung gegenüber. — Ich wiederhole noch, daß die Grenze nicht immer scharf ist, da vom Samen unabhängige Trugfruchtbildung nicht immer zur vollen Entwicklung führt und in anderen Fällen der normalen Samenbildung parallel gehen kann.

Ich teile danach die Blüten der Bananen ein in:

1. **Nichtfruchtende Blüten** (apokarp):[1] Fruchtknoten klein, ohne Samenfach, ohne Befähigung zu weiterem Wachstum. (Ausbildung der epithalamen Fruchtblatteile und der Staubblätter etc. wechselnd. Andrözeum in der Regel gut entwickelt. Griffel und Narbe meist ± reduziert.)

2. **Fruchtblüten** im weitern Sinne. Fruchtknoten größer, mit Samenfächern und mit Befähigung zu weiterm Wachstum. (Ausbildung der übrigen Blütenteile, speziell der epithalamen Teile der Sexualblätter, wechselnd.)

a) **Normale** (echte) **Fruchtblüten** (eukarp): Fruchtknotenwachstum erfolgt nur nach Bestäubung und Befruchtung, auf alle Fälle nur bei gleichzeitiger Reifung keimfähiger Samen. Die Staubblätter sind dabei in den Extremen wenigstens scheinbar normal entwickelt (echte Zwitterblüten oder ihnen sehr nahe) oder auf fast unkenntliche Reste reduziert (Übergänge zu rein weiblichen Blüten.)

[1] Dies Wort ist zwar schon in anderm, aber so allem sonstigen Brauch widersprechendem Sinne (apokarpes Gynözeum = getrenntfrüchtig) vergeben, daß eine richtige Anwendung doch wohl noch gestattet ist, zumal es sich im alten Sinne leicht durch das naheliegende chorikarp ersetzen läßt.

b) (Typische) **Trugfruchtblüten** (pseudokarp): Fruchtknoten wächst ohne Bestäubung und Samenreifung zu fruchtähnlichem Gebilde aus. (Er enthält keine Samen.)

Übergangstypen zwischen a und b sind:

c) Trugfruchtblüten mit gelegentlicher Samenbildung. Sie entwickeln sich vollständig ohne Samenreifung, doch kommt auch Samenreifung bei ihnen vor, ohne aber das Aussehen der Frucht zu beeinflussen.

d)[1]) Fruchtblüten mit beginnender Trugfruchtbildung (subpseudokarp). Sie reifen nur aus, wenn sich zugleich normale Samen bilden. Andernfalls welken sie früh.[2])

Ich werde später darauf einzugehen haben, daß bei der Fruchtbildung Teile z. T. eine Hauptrolle spielen, die nicht den Fruchtblättern angehören, sondern entweder als aufgewölbter Blütenboden resp. vertiefte Achse oder, wie mir scheint, richtiger als die verwachsenen und nachträglich erst durch Ergrünen Achsencharakter annehmenden basalen Teile der Kelch-, Kron- und Staubblätter anzusehen sind. Damit ergibt sich die Frage, ob die Bananenfrucht eine Scheinfrucht sei. Ich trete auf diese Frage nicht ein, da auch neuere Lehrbücher der Botanik etc. in Definition und Abgrenzung des Begriffs Scheinfrucht und überhaupt in der Terminologie der Früchte auffallende Verschiedenheiten zeigen. Als besonders frappante Beispiele solcher ganz ungemein hemmender Widersprüche der Terminologie seien einige bekannte Autoren angeführt: Kerner von Merilaun, Pflanzenleben 1898, Bd. II, p. 391, führt als Sammelfrucht unter anderm an: Maulbeere, Erdbeere, Rose, Himbeere, Feige etc. Wort und Begriff Scheinfrucht übergeht er an dieser Stelle bei Aufzählung der Früchte, doch findet sich das Wort Scheinfrucht auch in diesem Werk gelegentlich (ohne Definition und Beispiel). Giesenhagen trennt in seinem Lehrbuch (1903. p. 82—83) die Scheinfrucht (Rose, Erdbeere, Ananas, Feige) scharf und in wohl meist üblicher Weise vom Synkarpium (Brombeere usw.). Karsten dagegen rechnet in Strasburger, Noll etc., Lehrbuch 1905, p. 415–16, die Rosen zu den Sammelfrüchten und zugleich zu den echten Früchten. Als Scheinfrucht anerkennt er nur einen Fruchtstand, der scheinbar eine Einzelfrucht bildet, also z. B. Morazeen, Feige, Ananas. Engler verwendet im Syllabus der Pflanzen-Familien 1898 die Bezeichnung synkarpische Frucht nur für Ananas, nicht für Artokarpeen, Morazeen, Urtikazeen, Ficus; ebenso nicht für *Rosa*, *Fragaria* etc., indem er immer nur die von einer Blüte gebildete Frucht resp. das aus einem Fruchtblatt entstandene Früchtchen im Sinne Karstens zur Charakterisierung verwendet. Die Frucht der Pomoideae nennt er eine Halbfrucht, Kerner hat keinen Namen dafür, nach Giesenhagens Definition

---

[1]) Früchte mit parthenogenetischer Samenbildung und davon abhängiger Fruchtreifung sind wohl am besten als autokarp = „aus sich heraus fruchtbildend" zu bezeichnen oder als parthenosperme Früchte im Gegensatz zur normalen (pollinispermen) Frucht.

[2]) In der Literatur wird auf diese Differenzen bisher fast kein Gewicht gelegt, ja sogar große Verschiedenheiten werden nicht selten gar nicht erwähnt. Ein genaues Urteil über die Verbreitung der Typen ist daher zur Zeit unmöglich. Die in der oben erschienenen Arbeit von Herrn Dr. Tischler, p. 49, erwähnte, von Herrn Prof. Went ausgesäte Frucht von *Musa sapientum* var.? (= p. 74/75. *Radjah Siam?*) kann z. B., obwohl sie einer Eßbanane angehörte, jedem der 4 Typen a—d angehören, wiewohl die größte Wahrscheinlichkeit nach meiner Erfahrung für eine Frucht vom Typus d spricht.

ist sie eine Scheinfrucht und nach Karsten sind sie „durch fleischige Ausbildung der Blütenachse Beeren" (Bonner Viermännerlehrbuch, 7. Aufl., 1904, p. 497 und entsprechend 11. Aufl., 1911, p. 514).

c. Die vegetativen oberirdischen Teile.

1. Die oberirdische Achse. (Fig. 5a.)

Über ihren Bau gibt besonders Baker Aufschluß. Ich muß wegen der zu verwendenden Namen und der Wachstumsbedingungen auf sie zu sprechen kommen; eigene Untersuchungen an ihr konnte ich nur am obersten Teil und einem der Länge nach aufgeschnittenen nichtblühenden Stück vornehmen. Ein genauer Vergleich des Verhaltens verschiedener Arten und der 3 Subgenera steht leider aus.

Die oberirdische Achse gliedert sich in:

a) Einen stark verkürzten untersten z. T. in der Erde befindlichen Teil, der bei den ja besonders blattreichen *Physokaulideen* stark verdickt ist. Er bildet lange Zeit die einzige Achse. An ihm sind, dicht aneinandergereiht, die den Scheinstamm bildenden Blätter inseriert. Ich nenne ihn **Basalteil** (B in Fig. 5a).

b) Einen nach längerem rein vegetativem Wachstum (ausschließlich Laubblattbildung) sich unter bestimmten Umständen (Wasserentzug und Versetzung sollen günstig wirken) an der Spitze des Basalteils bildenden, ungemein rasch wachsenden, sehr gestreckten und schlanken Teil, der keine eigentlichen Laubblätter, sondern höchstens die kleineren, in der Form oft stark von ersteren abweichenden Übergangsblätter trägt. Je nach Umständen erreicht er in wenigen Wochen oder höchstens Monaten eine Länge von mehreren (bis 10 und mehr) Metern. Ich nenne ihn den **Infloreszenzträger** (Jtr. in Fig. 5a). Er ist natürlich meist bis nahe an sein Ende vom Scheinstamm eingehüllt; doch ragt der oberste Teil, an dem die Übergangsblätter inseriert sind, wenigstens mit Anfang der Blütezeit über letzteren hinaus. Da die wechselnde Länge des überragenden Endes systematisch verwertet werden kann, wurde es auch mit besonderen Namen (pedunculus etc.) belegt.

c) Den mit Blüten und stiel- und meist auch spreitenlosen Tragblättern anfangs dicht, später wenigstens an der Basis durch sekundäre Streckung lockerer besetzten Endteil: die **Infloreszenzachse** (A in Fig. 5a).

Es handelt sich also stets um Teile ein und derselben Achse[1]), aber um Teile, die stets unter denselben unter sich verschiedenen Bedingungen in derselben Reihenfolge aus der Vegetationsspitze entstehen.

Systematisch wird das Verhalten der Infloreszenzachse und des oberen Teils des Trägers viel verwertet; denn die oberirdische

[1]) Den handgreiflichen Beweis hiefür bildet, daß Costerus auch Blüten unten am „Stamm" gefunden hat. Es ist hier offenbar die Ausbildung des normalen Infloreszenzträgers unterdrückt worden durch zu frühe Blütenbildung. Die Variabilität auch im sonstigen Verhalten des Stammes (Beginn der Blütezeit, Höhe des Infloreszenzträgers etc.) läßt sich zur Zeit wohl am besten durch Vergleich von Wittmack, Sagot und Baker ermessen.

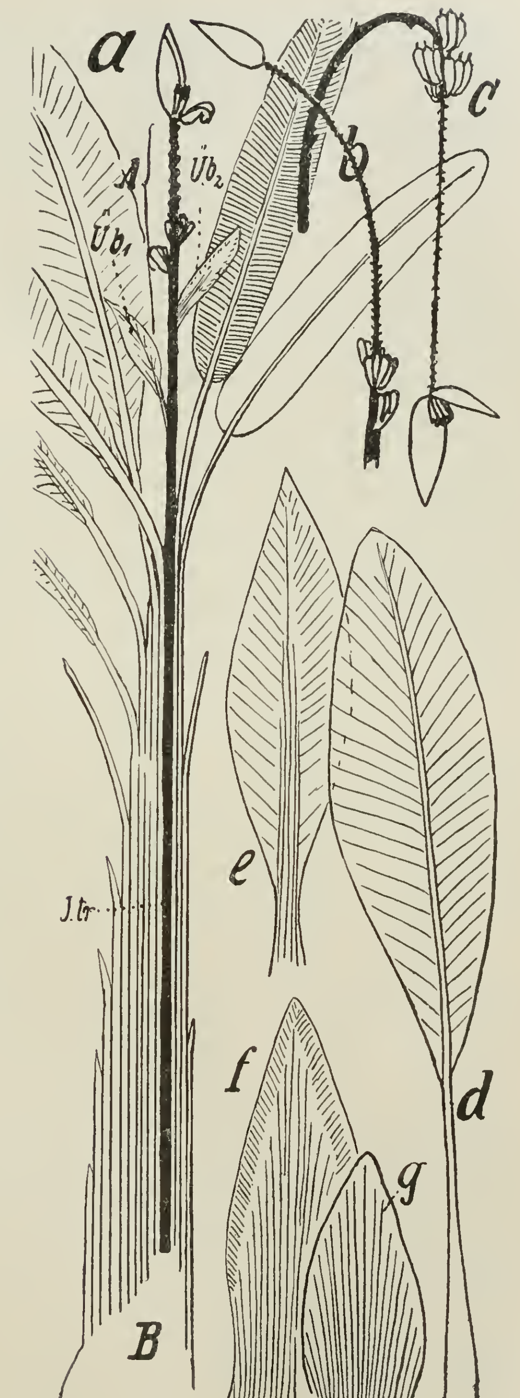


Fig. 5.

Schematische Darstellung der aufrechten (*a*), der nickenden (*b*), der hängenden Infloreszenz (*c*), des Scheinstammes der *Physokaulideen* (links) und der *Rhodochlamydeen* resp. *Eumuseen* (rechts) mit den zugehörigen Blattypen, den Achsenteilen und den Blattformen von *M. Ensete*: *d* Laubblatt mit Stiel und oberem Ende der Scheide, *e* Übergangsblatt, *f* verlaubtes Tragblatt, *g* normales Tragblatt. Die Blätter sind von außen und unten gesehen. Der Verlauf der Nerven in den einzelnen Teilen ist stark schematisiert.

Achse ist 1) entweder ganz gerade und aufrecht in allen ihren Teilen: **Infloreszenz aufrecht** (Fig. 5a); oder sie ist 2) anfangs aufrecht und erst gegen Ende des Blühens neigt sich die Infloreszenzachse im obern Teil seitwärts, während der ganze Infloreszenzträger und der untere Teil der Infloreszenzachse aufrecht bleiben: **Infloreszenz nickend** (Fig. 5b); oder es tritt 3) früh eine Krümmung in der Infloreszenzachse und dann auch im freien obern Teil des Infloreszenzträgers auf, die so weit geht, daß die Infloreszenzspitze abwärts gerichtet ist (bei der nickenden kommt sie m. W. nur in schräge, aber nicht einmal in horizontale Lage: **Infloreszenz überhängend** (nicht abgebildet. Typisch hiefür ist *M. Ensete*); oder 4) die ganze Infloreszenzachse hängt gerade gestreckt herunter, indem der obere Teil des Trägers sich scharf krümmt: **hängende Infloreszenz** (Fig. 5c).

Leider werden aber diese Stufen nicht scharf auseinandergehalten. So braucht Schumann z. B. zwar die Worte inflorescentia erecta, nutans und pendula, aber die letzteren beiden ohne Unterschied (so Mus. pag. 14 im Schlüssel: „infl. pendula" für *M. ventricosa* und *Schweinfurthii*, in der Artbeschreibung dagegen *M. ventricosa* „infl. nutans"). Die überhängenden Infloreszenzen der *Eumuseen* werden im Schlüssel pag. 17 sub *b* als Infl. „nutans" angeführt, für *M. paradisiaca* dagegen heißt es pag. 18 Infl. „pendula" etc. Auffallend ist, daß die Infloreszenz von *M. lasiocarpa* als erecta bezeichnet wird, wiewohl sie sich ebenso verhält wie die Inflor. nutans der *Rhodochlamydeen*! Bei beiden ist freilich der Infloreszenzträger durchaus aufrecht.

Das verschiedene Verhalten beruht allem Anschein nach auf mechanischen Gründen, wie 1) Durchmesser des Infloreszenzträgers (dieser wieder ist bedingt durch die Weite der Höhlung im Scheinstamm); 2) Länge des Infloreszenzträgers und besonders seines freien Teiles; 3) Länge der Infloreszenzachse; 4) Belastung durch a) schwere, große, persistente Brakteen und Blüten, b) zahlreiche, auf einen größern Teil der Infloreszenz verteilte Früchte. So haben die *Rhodochlamydeen* mit relativ kurzer Infloreszenzachse und geringer Belastung (Früchte wenig zahlreich, Brakteen meist hinfällig oder dann, wie bei *coccinea*, wenig zahlreich) aufrechte oder nickende Infloreszenz. Die reichfrüchtigen *Eumuseen*, wie *M. Cavendishii*, *M. paradisiaca* (subsp. *normalis* und *sapientum*) haben hängende, und die ebenfalls reich- aber kleinerfrüchtigen *Physokaulideen* mit zwar meist persistierenden Brakteen, aber kurzem, sehr festem Infloreszenzträger haben meist überhängende Infloreszenz. *Musa Hilii* und *Fehi* mit ihren rel. kleinen Infloreszenzen sind aufrecht, *M. lasiocarpa* mit dem kurzen Infloreszenzträger aufrecht bis nickend.

Genügende vergleichende Angaben sowie eingehende Beobachtungen über die verschiedenen Stadien ein und derselben Achse fehlen leider. Auch ist das Vorhandensein spontaner Nutation nicht ausgeschlossen.

Bemerkenswert ist ferner, daß in den vier Fällen, die ich selbst beobachten konnte oder über die mir Angaben vorliegen — *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*), *M. paradisiaca* subsp. (Zürich), *M. Ensete IV* (Zürich) und *M. Ensete II* (Bordighera)

die Neigung immer nach SO. resp. S. gerichtet war. Eine Beeinflussung der Richtung durch die Sonne ist daher sehr wahrscheinlich, doch fehlen meines Wissens auch hierüber größere Beobachtungsreihen. Es ist ja freilich auch möglich, daß in den Tropen eine solche Beeinflussung nicht sichtbar ist oder daß dort die Richtung mit der Jahreszeit oder mit der Lage nördlich oder südlich vom Äquator wechselt.

2. Der Scheinstamm. (Fig. 5a.)

Scheinstamm heißt die von Blattscheiden gebildete Umhüllung des Infloreszenzträgers. Er enthält (jenen eingeschlossenen Teil ausgenommen) durchaus keine Achsenteile. Durch den engen Zusammenschluß der festen Scheiden dient er aber doch dem Infloreszenzträger als allseitige und sehr wesentliche Stütze. Das Aussehen wechselt und dient daher ebenfalls als Unterscheidungsmerkmal. Bei den *Physokaulideen* (Fig 5a, links vom Infloreszenzträger) sind die Scheiden sehr zahlreich, sie enden daher nahe beisammen trotz der hohen Pflanzen; der Scheinstamm ist dick. Bei den *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen* besteht er aus weit weniger Organen. Die Scheiden stehen daher scheinbar weiter auseinander und der Scheinstamm ist schlanker. — Für diese Arbeit ist von wesentlicher Bedeutung, daß alle Organe, vor allem die Infloreszenzen, sich im Innern des Scheinstamms (resp. in dessen Fortsetzung, dem Innern des Infloreszenzkolbens anlegen — s. Baker — und dadurch in ihrer Bildung mechanisch in sehr hohem Maße beeinflußt sind.

3. Die Laubblätter. (Fig. 5d.)

Als **Laubblätter** bezeichne ich alle am Basalteil der Achse inserierten Blätter, deren z. T. enorm verlängerte Scheiden den Scheinstamm bilden. Ihre Ausbildung ist nach ihrer Entstehungsfolge verschieden, da die zuerst entwickelten sich ausbilden können, ohne durch die enge Einschließung durch Organe älterer Blätter gehemmt zu sein. Die Angaben über diese Differenzen sind äußerst spärlich. Ich werde bei Besprechung der *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) und der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *m. rosacea?*) ausführlicher darauf zu sprechen kommen.

Diesen Laubblättern scheinen nach den Angaben einiger Autoren noch niederblattartige Bildungen (ohne scharfe Abgrenzung) an den tieferen und unterirdischen Teilen der Achse vorauszugehen.

4. Übergangsblätter.

Wittmack versteht darunter Blattgebilde, die in der Form und Entwicklung von Stiel und Spreite die Mitte halten zwischen dem normalen Laubblatt und dem Tragblatt (Beispiel hierfür Fig. 5e). Ich halte es für richtiger, alle am oberen freien Teil des Infloreszenzträgers inserierten Blätter, in deren Achseln keine Blüten zu finden sind, unter diesem Namen zusammenzufassen, da die Blätter solcher Stellung, soweit ersichtlich, von dem Laubblatt wenigstens durch geringe Dimensionen ausgezeichnet sind, andererseits aber bald Laub- (Fig. 5 a, *Üb)*, bald Tragblatt-, bald Mittelcharakter haben. Auf diese Weise wird also die Möglichkeit zu weiteren Vergleichen geschaffen, während Wittmacks auf *Ensete* begründete Definition — trotzdem

er die Stellung ebenfalls berücksichtigt — solche Bildungen ausschließt. Aus der Zahl und Ausbildung, resp. der Veränderlichkeit dieser Blätter ergibt sich leicht ein Maßstab für die Spezialisationshöhe von Art und Subgenus.

5. Die Tragblätter oder Brakteen. (Fig. 5g.)

Als Tragblätter fasse ich alle an der Infloreszenzachse inserierten Blätter auf, in deren Achseln sich Blüten befinden. Alle unterhalb inserierten Blätter fasse ich, wie schon oben bemerkt, im Gegensatz zu anderen Autoren als Übergangsblätter auf, wenn sie auch noch so brakteenähnlich sein mögen und mit letzteren sogar in lebhafter Färbung übereinstimmen. Da an mehreren Arten ein Übergang von Laubblatt zu extremsten Brakteenformen konstatierbar ist, ist die Zuweisung solcher Bildungen zu den Übergangsblättern wohl berechtigt, zumal auch Blätter mit ausgesprochener Brakteenfarbe am oberen Teil, wie sie *M. coccinea* zeigt, nie zu den Brakteen gezählt werden. Selbstverständlich ist die Scheidung eine künstliche, da es sich bei allen Blättern um homodyname Organe handelt, deren Ausbildung, wie ihre z. T. große Variabilität und u. a. die gelegentliche Verlaubung der Brakteen bei *M. Ensete* und *coccinea* zeigen, von zufälligen Umständen (wie das Auftreten der Blüten) stark mitbedingt wird.

Eine vergleichende Betrachtung, besonders Verlaubung und anschließende Bildungen, zeigen aufs deutlichste, daß die Brakteen — die ja im ganzen den Charakter des üblichen Monokotylenblattes tragen, von der Farbe ev. abgesehen — der Scheide und nur diesem Teil des Laub- resp. Übergangsblattes entsprechen, mit anderen Worten, sie entstehen durch Verlust der eigentlichen Teile des Blattes, d. h. der Blattspreite und des Blattstieles, und unter starker Breitenentwicklung des ja auch bei Dikotylen besonders am Niederblatt stark variierenden Blattgrundes. Diese Anpassungsfähigkeit des Blattgrundes, resp. alleiniges Sichbehaupten desselben, ist offenbar begründet in dem basalen Wachstum des Blattes im allgemeinen und in länger andauernder Wachstumsfähigkeit des Blattgrundes.

Die Tragblätter sind systematisch besonders wichtig. Sie sind

1. groß, bis 50 cm lang, fünf- und mehrmal länger als breit und fünf- und mehrmal länger als die nichtfruchtenden Blüten, persistent und grün oder gelblichgrün, resp. mit ± starker Beimengung von trübem Rot auf einem Teil oder der ganzen Fläche, und dann in der Regel auch von innerhalb einer Infloreszenz variierender Form, indem die untersten in Größe und Habitus den Übergang zu den tiefer inserierten Blattkategorien darstellen, oder

2. kleiner (ca. 3—4 mal länger als nichtfruchtende Blüten), dünner, ohne jedes Grün, dafür mit irgendwelchen andern nicht auffallenden Farben, trüb purpurrot etc., ev. mit starkem Wachsüberzug, semipersistent bis hinfällig, einheitlich gebaut und gefärbt und von den anderen Blattkategorien schärfer geschieden;

3. z. T. noch kleiner und dünner, ev. häutig, mit leuchtenden, auffallenden Farben oder zu völligem Farbverlust neigend, hinfällig, durchaus einheitlich und ohne Übergänge zu andern Blattkategorien, oder dann durch brakteenartige, vor allem teilweise lebhaft gefärbte Übergangsblätter mit ihnen verbunden. Im Gegensatz zu dem ersten Typ sind sie nur noch 2—3 mal so lang als breit und ca. 1—2 mal so lang als die nichtfruchtenden Blüten, stellen also in jeder Beziehung ein rudimentäres Organ dar, dem freilich auf Grund seiner Farbe eine neue Funktion, die Anlockung der Bestäuber, zugeschrieben werden kann.

6. Blattstellung.

Die Blätter stehen bekanntlich in Spiralen. Bei den Brakteen fallen bei einigermaßen dichter Stellung die Dreierzeilen besonders auf. Die wenigen Angaben über die Divergenzen schwanken. Späteren Ausführungen vorgreifend muß ich hier bemerken, daß ich an den hierauf untersuchten Infloreszenzachsen und oberen Teilen der Infloreszenzträger an ein und demselben Stück verschiedene Werte an ausgewachsenen Teilen erhielt und wieder andere an jungen Teilen, so zwar, daß am unteren ausgewachsenen Teil (Infloreszenzbasis und Übergangsblätter) die Zahlen von Zähler und Nenner des Divergenzbruches kleiner waren (z. B. $^3/_8$, $^4/_{11}$), am ebenfalls ausgewachsenen oberen Teil mit dichterer Stellung (Infl. Mitte und Spitze) dagegen größer ($^5/_{14}$, $^6/_{17}$ etc.). Im allgemeinen läßt sich sagen: Je dichter die Stellung, um so kürzer das Internodium, um so größer die Zahlen von Zähler und Nenner des Divergenzbruches und um so geringer das Schwanken um einen Mittelwert. — Je weniger dicht die Stellung, um so länger die Internodien und um so kleiner Zähler und Nenner an und für sich, aber um so größer die Variation von einer Divergenz zur anderen, wenn man in Grade umrechnet.

Sehr bemerkenswert ist, daß mit der Brakteenstellung die Zahl der Blüten pro Schar in gewissem Zusammenhang steht, wie ich durch genaue Aufnahmen an den zwei Infloreszenzen der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*) feststellen konnte. Auch für das noch blühende Exemplar von *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) ist dasselbe augenscheinlich der Fall (s. Materialbeschreibung). Ein Zusammenhang der Blütenzahl mit der Achsenkrümmung ist dagegen in keiner Weise zu konstatieren, wiewohl ein solcher beim ersten Anblick viel eher zu vermuten ist. Die Ursache des Zusammenhanges ist, wie später klargelegt wird, darin zu finden, daß bei Divergenzbrüchen mit kleinen Zahlen, resp. großen Internodien die Brakteenbasisbreite absolut (und auch im Verhältnis zum Durchmesser der Achse!) größer ist als bei enger Stellung, damit auch der Blütenbildungsraum mehr Platz für die in ihren Dimensionen vom Achsendurchmesser etc. einigermaßen abhängigen Blüten bietet.

B. Systematik des Genus Musa.

Sagot teilte 1887 die ihm bekannten Bananen ein in

1. Riesenbananen, Typus *M. Ensete*,
2. Bananen mit fleischigen Früchten, Typus *M. (paradisiaca* subsp.) *sapientum*,
3. Schmuckbananen.

Baker führte 1893 dafür die Subgenera *Physocaulis*, *Eumusa* und *Rhodochlamys* ein. Diese Einteilung resp. Benennung ist auch in den neuesten Arbeiten beibehalten worden, wiewohl sich bei mehreren Arten eine Mischung der Charaktere der Subgenera findet.

Bei der Charakterisierung der Subgenera folge ich in erster Linie den Diagnosen Schumanns als neuestem Monographen; daneben aber halte ich mich auch an Zusammenstellungen aus seinen Textangaben sowie an Text und Abbildungen anderer Autoren.

Hinsichtlich der Diagnose der Subgenera ist vorgreifend zu bemerken, daß sie bei Schumann u. a. Autoren insofern etwas verbesserungsbedürftig sind, als zwischen den nichtfruchtenden und den Fruchtblüten zu unterscheiden ist. Ich habe bei *M. Ensete* und *Cavendishii* die ersten, bei *discolor* alle Fruchtscharen einreihig gefunden und mit wenigen (3—7 statt 15 und mehr resp. vielen) Blüten pro Schar. Die zur Trennung der Subgenera verwendeten Charaktere passen also nicht auf sie! Berücksichtigt man dagegen, wie es unten geschehen soll, die nichtfruchtenden Blüten in erster Linie, so wird die Zuteilung zu den 3 Subgenera schon viel leichter und sicherer als bisher, soweit mein Urteil reicht. *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) endlich fügt sich erst recht nicht in die Diagnose ein, da bei ihr zwar in den Fruchtscharen wenigstens die Zweireihigkeit angedeutet ist, aber schon die kleine Zahl der Früchte pro Tragblatt und die geringe Zahl der Fruchtscharen (nur 2) ganz Rhodochlamydeencharakter sind. Das Ende der Infloreszenz aber müßte auf Grund der 1—3 einreihigen nichtfruchtenden Blüten pro Tragblatt, für sich allein genommen, unbedingt zu den *Rhodochlamydeen* gestellt werden. Es fehlt hier jede Andeutung von Zugehörigkeit zu den *Eumuseen*, soweit sich zurzeit aus der noch weiter wachsenden Pflanze ein Urteil gewinnen läßt. Überhaupt stößt die Anwendung dieser auf den ersten Blick so praktischen Einteilungsprinzipien (Zwei- oder Einreihigkeit und Blütenzahl) in Wirklichkeit auf recht viele Schwierigkeiten. Noch mangelhafter sind die Angaben der Literatur hinsichtlich der Trennung der beiden Hauptblütentypen, ferner die Angaben über Blütenfarbe und im allgemeinen auch über die Brakteen der *Physokaulideen* und *Eumuseen*. Doch sind auch sie wesentlich für das Bild des Subgenus, so daß ich sie in dieser Übersicht der Charaktere mit anführe, soweit es geht. Besser sind wir dagegen wieder über die Größe der Pflanzen und Dimensionen einzelner Teile informiert. In der Kultur nimmt erstere freilich meist stark ab und wechseln übrigens die meisten Einzelmaße stark bei der einzelnen Art, was

in den Diagnosen leider auch nicht genügend zum Ausdruck kommt (s. die Zitate über *M. rosacea* in der Beschreibung meines Materials).

Leider sind die Angaben der Monographen, zum großen Teil auch der Originalliteratur über die Blütenzahlen meist so mangelhaft, daß sich über die Verwertbarkeit dieses Merkmals erst auf Grund neuer eingehender Untersuchungen ein endgültiges Urteil fällen lassen wird. Auch für die übrigen Angaben besteht leider dieselbe Unsicherheit. Doch habe ich alle die von mir verwendeten Merkmale an zahlreichen Arten kontrolliert. — Die durch Fettdruck hervorgehobenen Merkmale finden gewöhnlich in der Diagnose Verwendung.

Subg. Physocaulis. Nichtfruchtende (meist auch fruchtende) Scharen mit meist **über 20** (bis 48) **Blüten, die stets in zwei Reihen** stehen. Dabei nimmt die Zahl der Blüten, wenigstens bei dem Typus *Ensete*, von unten nach oben zu, mit starken Schwankungen in der Kurve und ev. mäßiger Abnahme bei langer Blütezeit. Es kommen Zwitterblüten oder wenigstens sehr zwitterähnliche Blüten bei *Ensete* und andern Arten vor. Die Trennung der beiden Blütentypen ist meist keine scharfe. Die drei Kelchblätter besitzen nur eine kurze gemeinsame Basalzone. Ihre Ränder sind — wenigstens bei den nichtfruchtenden Blüten — über den Buchten fest verklebt. Die seitlichen Kronblätter sind ganz anders gebaut, liegen den Kelchblättern enge an und sind leicht zu übersehen (daher „**perigonium trilobatum**", Fig. 4a). Das **mediane Kronblatt besitzt in der Regel eine lange Mittelspitze und zwei kürzere Seitenspitzen** („tepalum liberum" trilobatum, Fig. $4a_1$). Mehrblättriger Hüllteil meines Wissens stets unscheinbar mit rötlichen Farbtönen, nie gelb. Medianes inneres Staubblatt bei den nichtfruchtenden Blüten, wenigstens bei *Ensete,* meist vorhanden, z. T. so gut entwickelt wie die anderen Staubblätter.[1]) Früchte klein (max. ca. 5 cm), lederig, ungenießbar, doch z. T. wenigstens auch ohne Samenbildung wachstumsfähig bleibend. Vermehrung meist ausschließlich durch Samen. Samen hart; beim Typus groß.

Stolonen meist fehlend. Pflanzen meist mehrere Meter hoch. **Scheinstamm an der Basis stark verdickt,** von zahlreichen, daher scheinbar dicht stehenden Scheiden gebildet. Laubblätter sehr zahlreich, meist über 10, auf den obern Teil des Scheinstammes verteilt und nicht an dessen Ende konzentriert. Blattspreiten meist beidseitig spitz zulaufend, solid, wenig zerreißend, Seitennerven meist schräg abstehend. Brakteen in der Regel groß, fünf und mehrmal länger als nichtfruchtende Blüten, variierend, die untersten in Form und Größe zu den Laubblättern überleitend, grün, oft der obere Teil rot überlaufen, ohne leuchtende Farbe,

[1]) Es findet sich ebenso gut entwickelt wie die andern in der Regel in den Fruchtblüten von *Ensete,* und steht ihnen dort oft nur wenig nach bei *M. Cavendishii.* Es dürfte daher bei anderen *Eumuseen* und den *Rhodochlamydeen,* vor allem auch *Physokaulideen* wenigstens in den Fruchtblüten ebenfalls öfter zu finden sein, als aus der Literatur ersichtlich ist.

meist an der Achse welkend. Infloreszenz nach dem Aufblühen sich neigend und Spitze meist überhängend, selten am Schluß senkrecht herunterhängend.

Typus: **M. Ensete.**

Zu den **Eumuseen** resp. **Rhodochlamydeen** leiten über durch:
kleine Zahl nichtfruchtender Blüten, pro Schar[1]) 10 bis 15 Blüten: *M. Buchananii, superba* und *nepalensis* (so im Schlüssel p. 14 in Schumann Mus; dagegen hat in der Artdiagnose[2]) p. 16 *M. Buchananii* nur 10, *nepalensis* sogar nur 7 bis 8 Blüten pro Schar); 10 bis 12 Blüten: *M. Schweinfurthii;*
einheitliche nichtgrüne Brakteenfärbung: *M. nepalensis;*
an der Basis nicht stark verdickten Stamm: *M. Schweinfurthii;*
kleine Samen: *M. gigantea, nepalensis, superba,* nach Baker auch *Livingstoniana* und *proboscoidea;*
ganzrandiges medianes Kronblatt ohne Seitenspitzen: *M. ventricosa, Schweinfurthii* und *elephantorum.*

Vor allem an die **Rhodochlamydeen** erinnert durch:
aufrechte Infloreszenz *M. elephantorum* und wenigstens anfangs auch *M. superba;*
„weißes" Perigonium (mehrblättriger Hüllteil oder Blüten): *M. superba, nepalensis* und *gigantea;*
einheitlichen Brakteentypus (auch unterste von den Laubblättern deutlich verschieden) *M. superba;*
abfallende Brakteen (wenigstens obere) und abfallende nichtfruchtende Blüten: *M. superba.*

Subg. **Eumusa** und **Rhodochlamys** unterscheiden sich gemeinsam von *Physocaulis* durch den an der Basis **nicht sehr**

---

[1]) Ich übersetze Schumanns Wort „series" mit Schar und nicht mit dem sonst üblichen „Reihe". Letzteres würde ja nahe liegen, da „biseriati" zweireihig bedeutet. Series kann aber bei Schumann nur die ganze Schar bedeuten, wenn er p. 14 von *M. Ensete* sagt: „flores ultra 20 pro serie"; es heißt nämlich p. 5: „erhöht sich die Zahl der Blüten, und sie kann bis auf 40 steigen, so finden wir Doppelreihen": das würde also 20, resp. 21 Blüten auf die eine Reihe im Maximum ergeben. Die Zahl steigt freilich tatsächlich bis auf 48. Der Durchschnitt liegt aber unter 40 pro Schar. Eine Übersetzung mit „mehr als 20 Blüten pro Reihe" würde also den tatsächlichen normalen Verhältnissen nicht entsprechen!

[2]) Diese widersprechenden Angaben ein und desselben Autors in einem für die Systematik so wichtigen Merkmal und die hier z. T. nicht hervorgehobenen Widersprüche desselben und anderer Autoren in andern Punkten beschränken den Wert aller dieser Angaben natürlich leider ebenfalls. Da sie trotzdem Abweichungen vom Typischen zeigen oder sonst charakteristisch sind, verwende ich sie mangels besseren Materials doch. Sie sollen in erster Linie zeigen, wie weit ein Subgenus in den früher benutzten und den von mir hier noch beigefügten Merkmalen einheitlich ist und in welchen Merkmalen seine Arten vom Subgenus abweichen und welche Arten dies hauptsächlich tun. — Andere Widersprüche beruhen offenbar auf Druckfehlern, so wenn es pag. 14 heißt bei *M. elephantorum* „Truncus ad 7.75 cm altus" (statt 7.75 **m**) und p. 16 bei *M. nepalensis* „Truncus basi 60 m diametro" (statt 60 **cm**) etc.

stark verdickten schlanken Scheinstamm. Die seitlichen Kronblätter sind bei ihnen frei und nicht zu übersehen, Fig. 4b (daher **„Perigonium“ quinquelobatum**), stehen aber mit den Kelchblättern auf hoher gemeinsamer Basalzone (fast extrem Fig. 4b). Das **mediane Kronblatt ist meist ganzrandig**, ohne Seitenspitzen. Das med. innere Staubblatt fehlt den nichtfruchtenden Blüten meist völlig. Die Blüten zeigen bei den *Rhodochlamydeen* immer und bei den *Eumuseen*[1]) wenigstens z. T. eine lebhafte Farbe, die für Kelchblätter und seitliche Kronblätter meist durchaus einheitlich ist. Die Unterschiede dieser 5 Organe sind überhaupt nur noch gering. Die **Zahl der Blüten ist kleiner**, oft sehr konstant und, soweit mir ein Urteil möglich ist, in der Regel ohne große Schwankungen der Kurve. Dabei kann das Maximum schon in der Fruchtregion liegen (so *M. Cavendishii* und *M. Basjoo*) oder es liegt in den untersten Regionen der nichtfruchtenden Blüten (*Zürcher Rhodochlamydee* z. T.). Fruchtblüten und nichtfruchtende Blüten sind scharf geschieden, in sich viel einheitlicher als z. B. bei *Ensete*. Doch finden sich in meinem Material wenigstens immer einige wenige vermittelnde Blüten. Meist **mit Stolonenbildung.** Brakteen meist einheitlicher als bei *Physokaulideen*, selten persistent, meist subpersistent oder mit den nichtfruchtenden Blüten abfallend, meist ca. 2—4mal so lang als die nichtfruchtenden Blüten;[2]) oft lebhaft gefärbt, wenigstens an der Spitze.

Subg. **Eumusa** zeigt engere Beziehungen zu *Physocaulis* insoweit, als wenigstens die Blüten der einen der beiden Regionen in zwei Reihen stehen, und zwar sind fast stets die der nichtfruchtenden und die der obern Fruchtscharen zweireihig und nur die untersten Fruchtscharen einreihig. Sehr selten ist die Zweireihigkeit nur an Infl. basis (Fruchtscharen und ev. unterste nichtfruchtende Scharen) bemerkbar, während die obern einreihig und zudem sehr armblütig sind. Blüten in **größerer Zahl pro Schar** (meist 7—16, ausnahmsweise 2—23).

Medianes Kronblatt breit, **eiförmig** oder **oval**, zugespitzt (nicht „lineal“). Gemeinsame Basalzone des mehrblättrigen Hüllteils gleich $^1/_2$—$^5/_6$ der Blütenhüllänge oder (*discolor*, Infloreszenzende von *M. paradisiaca* subsp. Zürich) noch länger, ähnlich *Rhodochlamydeen*. Blüten nicht gelb, wenigstens nicht reingelb[3]). (Neben folgendem noch wohl das weitaus beste Merkmal gegenüber den Rhodochlamydeen, deren Blüten stets reingelb ge-

---

[1]) Schumann erwähnt bei keiner Art dieses Subgenus die Farbe. Ich halte mich daher an mein Material (bei *M. discolor* und der *M. paradisiaca* subsp. im botanischen Garten und Herbarium eine gleichmäßige intensive Rotfärbung der mehrblättrigen Hüllteile), ferner an kolorierte Abbildungen.

[2]) Bei *M.* (*paradisiaca* subsp.) *sapientum* var. *oleracea* ist sie, soweit bisher bekannt, 6mal so lang; für subsp. *troglodytarum* findet sich fünffache Länge angegeben.

[3]) Bei *M. paradisiaca* subsp. Zürich sind sie oberwärts gelb, für *Hilii* werden sie als hellgelb, bei *paradisiaca* subsp. *sapientum* var. *oleracea* als trübgelb angegeben.

färbt sind.) Brakteen meist $2^1/_2$—$3^1/_2$ mal so lang als nichtfruchtende Blüten[1],) **obscure purpureae oder grün**, seltener *luteae, luteostriatae, scarlatinae,* im letzteren Fall meist stark blau bereift, also nicht von den leuchtenden Farben des folgenden Subgenus.

Im übrigen zeigen die Arten dieses Subgenus sehr große Differenzen, wie schon aus den bisherigen Angaben hervorgeht, so daß das Subgenus im Grunde genommen wieder in mehrere Untergruppen geteilt werden müßte — die jedoch mit der Anordnung von Schumann nicht übereinstimmen, soweit ich mir ein Urteil erlauben kann.

Ich hebe nur zwei davon hervor, da es mir wichtig erscheint, daß sie für diese Arbeit wenigstens auseinander gehalten werden.

a) Vom Typus **M. paradisiaca** mit ihren übrigens sehr stark voneinander abweichenden Subspezies! Fruchtblüten die epithalamen Teile bei der Reife nicht abwerfend, wenigstens teilweise zweireihig, meist kräftige Pflanzen mit wenigstens 2 m hohem Scheinstamm. Infl. 1 m lang oder länger. Hier schließe ich *M. Cavendishii* an.

b) Vom Typus **M. discolor.** Fruchtblüten die epithalamen Teile abwerfend, einreihig; ziemlich schlanke Pflanzen mit nicht meterlanger Infloreszenz.

In einzelnen Eigenschaften leiten zu den **Physokaulideen** über durch:

Fehlen von Stolonenbildung: *M. Hilii* und *glauca:*
große Samen, dicken Stamm und Größe (10 m): *M. Hilii;*
fast bis zur Basis gespaltenen mehrblättrigen Hüllteil: *M. fehi;*
bis 20 Blüten pro Schar: *M glauca* und *Banksii* (bei *Cavendishii* fand ich bis 33 Früchte. Bei den Nutzbananen ist die Kultur wohl nicht ohne Einfluß auf diese Zahl! Als große Seltenheit werden, offenbar mit Bezug auf *M (parad.* subsp.*) sapientum,* bis 400 Früchte an einer Infloreszenz erwähnt, also jedenfalls auch 20 Blüten pro Schar. Auch *M. Hilii,* die die Merkmale aller Subgenera in so sonderbarer Mischung enthält, dürfte hierher gehören, s. Bot. Magaz. Tab. 7401;
grüne Brakteen: *M. glauca;*
ungenießbare, nicht über 5 cm lange Früchte: *M. Hilii:* ebenso, doch mit längerer Frucht *M. glauca, M. paradisiaca* subsp. *seminifera, M. Fitzalanii, textilis, tomentosa* (aber 12 cm lang); ferner über 1200 m Höhe über Meer auf Tahiti wachsende Formen von *M. fehi;*
persistente Brakteen: *M. Cavendishii* u. a.

Zu den **Rhodochlamydeen** leiten über außer *M. discolor* (s. o.) durch:

lanzettliches med. Kronblatt: *M. lanceolata;*

---

[1]) Einige Ausnahmen siehe vorletzte Anmerkung.

Auftreten gelber Farbe an den Brakteen (die sich aber hier sogar weiter ausdehnt als bei den meisten *Rhodochlamydeen*): *M. lasiocarpa* und *flava*, gelb gestreift; ferner *M. malaccensis*, *M.* (*paradisiaca* subsp.) *seminifera* var. *Thomsonii*;
sehr kleine Blütenzahl: *M. lasiocarpa* (4—8 Blüten pro Braktee), *fehi* (6—8), *Fitzalanii* (7—10);
„aufrechte" Infloreszenz: *M. fehi*, *Hilii*, *troglodytarum*, *discolor* etc.

Subgenus **Rhodochlamys.** **Wenige** (2—4, selten 1—6) **Blüten pro Braktee.** Fruchtblüten und nichtfruchtende **Blüten** (nach Schumann oft)[1]) **in einer Reihe. Kronblatt lineal.**[2]) Die freien Teile der Kelch- und seitl. Kronblätter bilden nur noch sehr kleine Zipfelchen auf der relativ sehr langen Basalzone. Der mehrblättrige Hüllteil ist gelb, seltener farblos Brakteen nicht grün, sondern mit **auffallender leuchtender Farbe** (*rubra*, *sanguinea*, *lilacina*, *violascens*, *flavobrunea*) oft mit gelber Spitze oder ganz gelb (ca. 1—2mal so lang als nichtfruchtende Blüten). Schlanke, zierlich gebaute Pflanzen, die in der Mehrheit eine Größe von nur 1,6 Metern erreichen sollen. Mit einer auf das Ende des Scheinstammes konzentrierten Krone von wenigen (max. ca. 7) Blättern.

Hierher **Zürcher Rhodochlamydee (= M. rosacea?).**

Von den 3 Subgenera ist wohl *Rhodochlamys* noch am einheitlichsten trotz der wenigen Angaben und trotz vorhandener Differenzen. Subg. *Eumusa* macht den Eindruck eines Sammelkastens für alles, was nicht zu *Rhodochlamys* oder *Physocaulis* gestellt werden kann, und von allem, was mit *M. paradisiaca* durch Mittelformen verbunden ist.

Die 3 Subgenera erregen in starkem Grade den Eindruck, daß sie Pflanzen von im allgemeinen gleicher Organisationshöhe enthalten. Man vergleiche in dieser Beziehung z. B. das Verhalten der Brakteen, die Schärfe der Trennung der Blütentypen und die Ausbildung des verwachsen-blättrigen Teiles der Blütenhülle. Subg. **Physocaulis** macht den Eindruck **einer Abteilung hierin primitiver, Rhodochlamys dagegen einer Abteilung spezialisierter Formen.** Für eine vergleichende Betrachtung, wie sie diese Arbeit darstellt, ist eine solche Einteilung natürlich von größtem Vorteil.

---

[1]) Es sollte vielleicht in Mus. p. 14 Zeile 13 statt „saepe" heißen semper; andernfalls könnte die discolor-Gruppe ja auch hierher genommen werden. Die von mir durchgesehenen Abbildungen und Beschreibungen dieses Subgenus zeigten stets einreihige Scharen wie die *Zürcher Rhodochlamydee*, was mir eben Anlaß gibt, auch hier einen Druckfehler zu vermuten. Das so oft zitierte wechselnde Verhalten gebietet freilich Vorsicht.

[2]) Ist wohl nur im Gegensatz zu dem breitern der *Eumuseen* so genannt. Meines Wissens ist es meist, wenn nicht immer, $1/_4$ so breit als lang, ohne parallele Ränder auf den größten Teil der Länge und wenigstens oben lang ausgezogen. Die Verwendung des Wortes entspricht also hier dem üblichen Begriff nicht recht.

Daß es sich aber trotz allem nicht nur um verschieden hoch organisierte Formen eines und desselben Stammes oder verschiedene Stämme mit paralleler Entwicklung handelt, wird sich später bei Besprechung der Lage der Honigspalten mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ergeben. Es läßt sich daher schon jetzt vermuten, daß die **Physokaulideen einen fast durchweg primitiv gebliebenen Stamm darstellen dürften, während die Eumuseen und Rhodochlamydeen die Vertreter anderer in den meisten Punkten weit höher differenzierter Stämme umfassen. Dabei schließen sich die Eumuseen in der Organisationshöhe einiger ihrer Formen enge an die Physokaulideen an. Ihre typischen Vertreter** *(M. sapientum, Cavendishii)* **erreichen jedoch die höchste Stufe der Entwicklung in der Fruchtbildung, nicht aber in der Spezialisation von Blütenhülle, Blütenzahl und Brakteen. Hierin geht die Discolorgruppe höher. Die weitgehendsten Umbildungen und vor allem Reduktionen bieten in dieser Hinsicht aber die Rhodochlamydeen,** die durch eine weite Kluft von den *Physokaulideen* und den typischen *Eumuseen* getrennt sind, aber wieder ziemlich enge an die Discolorgruppe anschließen.

C. Übersicht über die Wachstumsbedingungen und ihren Einfluß auf Organbau, Organ- und Artdifferenzierung.

Wegen der grundlegenden Bedeutung nicht nur für die allen Bananen zukommenden Differenzen von Infloreszenzbasis und -Spitze (wie Reduktion des weiblichen Geschlechts nach der Infloreszenzspitze hin, Trugfruchtbildung an der Infloreszenzbasis etc.), sondern auch für die gröberen und feineren Unterschiede zwischen den Sektionen resp. Arten (wie z. B. Abstufung im Hervorbringen von Trugfrüchten, in der Verwachsung der Blütenhülle, der Griffelreduktion, der Schärfe der Abgrenzung der Blütentypen etc.) usw. muß ich, um fortwährende Wiederholungen zu vermeiden, hier noch auf einige Punkte eingehen. Da sie bisher überhaupt gar keine Berücksichtigung erfahren haben, oder nur vereinzelte kurze, auf einige Arten bezügliche Angaben vorliegen, die zu kurz und allgemein gefaßt sind, um einen Vergleich zu ermöglichen, beziehe ich mich hauptsächlich auf die selbstgewonnenen Resultate. Auf einzelne besonders wichtige Details werde ich in späteren Teilen der Arbeit ausführlicher zurückkommen.

Auch über die Wachstumsbedingungen der Laubblätter muß hier gesprochen werden, wiewohl sie, streng genommen, aus dem Rahmen der Untersuchung herausfallen. Ihre Hereinziehung ist aber notwendigerweise darin begründet, daß einerseits später zu besprechende Artbesonderheiten (siehe Materialbeschreibung) nur hierdurch verständlich werden, und daß andererseits nur so die Entstehungsbedingungen der Tragblätter voll und ganz gewürdigt werden können, vor allem aber auch, weil so die Bedeutung der mechanischen Beeinflussung für die ganze Pflanze und nicht nur für einzelne Teile nachgewiesen werden kann. Ohnedies würde den späteren Ausführungen stets das Odium von Ausnahmebildungen anhaften.

1. Wachstumsbedingungen der Laubblätter und ihr Bau.

Wiewohl nicht nur vergleichende Beobachtungen, sondern überhaupt jede genauere Untersuchung bisher fehlte, lassen sich doch auf Grund der gewonnenen Resultate die Grundbedingungen der Laubblattentwicklung scharf erkennen. Für weitere Forschungen bietet sich hier ein sehr Erfolg versprechendes Arbeitsgebiet.

Die ältesten Blätter müssen hier außer Betracht bleiben. Uns interessieren nur diejenigen Gebilde, die innerhalb des Scheinstammes entstehen.

Es ist klar, daß der Scheinstamm für sie ein vortrefflicher Schutz ist, doch nur so weit, als er die Anlage nicht allzu sehr in der Entwicklung hemmt.[1]) Die Anlage entwickelt sich am Grunde eines vom Lichte abgeschlossenen Raumes.[2]) Auch der Luftabschluß ist naturgemäß ein sehr weitgehender. Der Raum zur Entwicklung ist fest umgrenzt, er ist gegeben durch die Innenwände des Scheinstammes, resp. der Scheiden der zwei bis drei nächstälteren Blätter. Über die Zeitintervalle, in der die Blattanlagen einander folgen, fehlen alle Angaben. Sie sind nur aus den Intervallen zu vermuten, in denen die Blätter am oberen Scheinstammende sichtbar werden, sofern keine Anlagen unterdrückt werden. Wiewohl in dieser Hinsicht (Anlageintervall) auf Differenzen zwischen den einzelnen Arten zu schließen ist, ist doch für alle Bananen konstant, daß das junge Blatt sich hauptsächlich nur in einer Richtung entwickeln kann, nämlich nach oben. Die Breitenentwicklung ist beschränkt wie der Raum. Der Wand folgend, rollt sich das Blatt sofort ein, die Ränder treffen sich sehr bald und legen sich über- und ineinander. Die Deckung ist nicht ganz konstant (wenigstens bei den Brakteen nicht, die hierin denselben Gesetzen folgen). Meist ist der linke[3]) Rand außen. Dies hängt (s. auch Eichler über die Kannazeen, Schumann über verschiedene Familien) damit zusammen, daß die Blattspirale von rechts[3]) über die Mitte vorn nach links verläuft, also im Sinne der Uhrzeigerrichtung. Infolgedessen steht rechts von jedem Blatt schon ein älteres und — weil auch noch wachsendes — physiologisch konkurrierendes, durch sein Hineinragen in den Bildungsraum aber auch mechanisch hemmendes Blatt. Links fehlt ein solcher Konkurrent zunächst, und die mechanische Hemmung tritt ebenfalls erst später auf, da z. B. bei $^1/_3$ Stellung der rechte Rand den Mittelnerv des nächstälteren Blattes nach Zurücklegung von $^1/_3$, der links aber erst nach Zurücklegung von $^2/_3$ des Umfanges des Scheinstammhohlraumes erreicht. Darin ist wohl die Deckungslage, sicherer aber noch das immer konstatierbare Überwiegen der Breite der linken Spreitenhälfte über die der rechten begründet. (Weitere Beeinflussung, wie Asymmetrie von Blattspreitengrund und -spitze, s. Materialbeschreibung, *Zürcher Rhodochlamydee = M. rosacea?*) Wie lange kann das Spreitenwachstum dauern? Naturgemäß nur so lange, bis der

---

[1]) Ich habe den Eindruck, ganz besonders nach dem Zergliedern eines über 2 m hohen Exemplars der *Zürcher Rhodochlamydee*, das schon fast ganz abgestorben war, ohne zum Blühen Anstalten zu machen — daß diese Hemmung oft genug bis zur Unterdrückung von Blattanlagen, ja der Entwicklung aller neuen Organe geht, indem ihnen Raum und Luft ganz entzogen ist. In der Natur sind die Umstände zwar wohl etwas günstiger insofern, als durch die Windstöße indirekt der Scheinstamm gelockert und damit etwas Raum geschaffen wird.

[2]) Ein leerer Raum ist freilich — im untersuchten Exemplar wenigstens — nicht vorhanden. Der ganze Scheinstammgrund und die Scheide des letzten Blattes ist mit weichen jungen Organanlagen resp. Organen ausgefüllt!

[3]) Siehe Anmerkung p. 241.

ganze Raum von den eingerollten Hälften ausgefüllt ist. Damit ist die maximale Spreitenbreite eines Blattes beim Heraustreten aus dem Scheinstamm also mechanisch bestimmt. Darüber, wieweit Norm und Maximum zusammentreffen, kann nur entschieden werden durch die noch fehlenden Beobachtungen über die lichte Weite des Scheinstammes der einzelnen Arten und der jeweiligen Spreitenbreite beim Austritt aus dem Scheinstamm. — Das aus dem Scheinstamm heraustretende Blatt zeigt beim Aufrollen sowohl an der Spitze wie am Spreitenrand regelmäßig ein dünnes, rasch welkendes und abfallendes Häutchen (ebenso verlaubende Brakteen). Es sind dies durchaus keine besonderen Organe oder Teile mit besonderer Funktion, sondern nur die Ränder, die sich eben entwickeln, soweit Raum vorhanden war, deren Zellen aber nicht weit genug entwickelt sind, um bei der mit dem Heraustreten aus dem Scheinstamm verbundenen Veränderung der Wachstumsbedingungen (in erster Linie Feuchtigkeitsänderung, resp. größere Trockenheit, ferner Beleuchtungs- und Temperaturschwankungen) existenzfähig bleiben zu können. Das Wachstum der Blätter geht übrigens auch nach dem Heraustreten noch weiter, doch fehlen auch hier Angaben und genaue Maße. Die Entstehung der langen, resp. immer längeren Scheiden wird unter den erwähnten Umständen auch verständlich; denn die später angelegten Blätter, die von einer gewissen Zeit an mit dem Unterblatt des älteren Blattes hinaufwachsen, müssen von einer bestimmten Stelle an der Entwicklung der Spreite des letzteren nach unten eine Grenze setzen (s. Asymmetrie des Blattgrundes der *Zürcher Rhodochlamydee*).

Für einen umfangreichen Scheinstamm sind, nach Abbildungen und Blattdimensionen zu urteilen, zugleich an beiden Enden zugespitzte, wenig asymmetrische Blätter mit absolut großer Spreite und stark gebogenen Spreitenrändern, kurzem Stiel (und ziemlich einheitlich schräg nach oben verlaufenden Seitennerven) charakteristisch. Bei schlankem Scheinstamm sind — wenigstens die späteren Blätter — (s. *Zürcher Rhodochlamydee* und *M. paradisiaca* etc.!) oft am Grund oder auch an der Spitze ± halbkreisförmig abgerundet oder noch mehr gestutzt, manchmal mit sehr starker Asymmetrie von Grund und Spitze (s. ebendort), mit wenig gebogenen oder fast genau parallelen Seitenrändern, z. T. langem Stiel und mit an den Blättern verschiedener Insertion (ja sogar am selben Blatt) oft sehr verschieden gerichteten Seitennerven, die im Extrem alle fast senkrecht auf der Mittelrippe stehen. Die ersten Blätter dieser Typen, die dem Zwang des Scheinstammes nicht oder weniger ausgesetzt sind, haben mehr den Charakter der ersterwähnten Blätter (beidendig spitz zulaufend, Rand gleichmäßig gebogen, Seitennerven schräg nach vorn verlaufend).

Die Scheide und z. T. auch der Blattstiel zeigen die mechanische Beeinflussung aufs deutlichste in ihrem der Umgebung genau angepaßten Querschnitt. Die Mittelnervrinne ist also hier wenigstens z. T. mechanisch begründet und nicht teleologisch als Wasserzuleitungsrinne zu erklären. Das Abfallen der Spreitenhälfte von der Mittelrippe weg und die Schädigungen, die solche Wassermengen an den im Zentrum befindlichen jungen Teilen notwendigerweise anrichten müßten, sprechen wohl auch zur Genüge dagegen.

2. Wachstumsbedingungen des Infloreszenzträgers und der Übergangsblätter.

Nach Baker füllt der noch junge Infloreszenzträger den ganzen ihm überlassenen Raum aus.[1]) Anfangs ist er ein weicher Strang, kann und muß

[1]) Siehe Anm. 2, p. 269.

sich also der Umgebung in der Kontur anpassen. Über die Anlagezeit und die besonderen Anlagen und Wachstumsbedingungen der Übergangsblätter ist gar nichts bekannt. Zu vermuten ist, daß die Bedingungen denen der Laubblätter ähnlich sind in jenen Fällen, wo das Übergangsblatt ihnen ähnlich ist, und daß sie denen der Brakteen ähnlich sind, wo die Farbe etc. denen der letzteren ähnlich ist.

3. Die Wachstumsbedingungen der Infloreszenzachse.

Der Unterschied gegenüber dem Infloreszenzträger besteht zunächst darin, daß der letztere nahe am Boden, am Grunde der engen Scheinstammhöhlung entsteht, nach Ausbildung der großen Blätter, die offenbar Baustoff im Überfluß liefern können, soweit die Bedingungen günstig, resp. zwingend sind. Die Infloreszenzachse dagegen entsteht insofern unter ungünstigern Umständen, als sie durch den langen Infloreszenzträger von den Nährquellen getrennt ist und zudem nur einen Teil der Nahrung erhält, da der Infloreszenzträger einen großen Teil der Baustoffe zu seiner eigenen Festigung verwenden muß, während ein anderer Teil für die Frucht- und Brakteenbildung verwendet wird. Damit steht wohl in Zusammenhang, daß die am Infloreszenzträger enorm gestreckten Internodien jetzt immer kürzer und kürzer werden. Es treten hier also ähnliche Entwicklungsbedingungen auf wie am Basalteil. Mit Rücksicht auf einzelne Ausnahmefälle (die an anderer Stelle zitiert werden) und auf die Einheitlichkeit der ganzen Achse ist wohl die Ursache der Differenzierung der ganzen Achse am besten zu formulieren wie folgt: Die reichlich mit Seitenorganen besetzte Achse zeigt ein geringes Längenwachstum, solange die Seitenorgane stark wachsen (Basalteil); wo die Entwicklung der letzteren gehemmt wird, tritt eine plötzliche Streckung der Achse ein, bis die Seitenorgane sich wieder entwickeln können und damit die Streckung der Achse wieder aufhört.

Auch innerhalb ein und derselben Infloreszenz zeigen sich an der Infloreszenzachse Verschiedenheiten von Bedeutung. Bei *M. Ensete* zeigt das Achsenende ein geringes Längen- und starkes Breitenwachstum ungefähr so lange, als neue Organe (Tragblätter, vor allem Blüten) an der betreffenden Stelle ausgebildet werden. Später überwiegt das Längenwachstum immer mehr, indem es absolut zunimmt, wie aus den Differenzen der Internodienlänge gefolgert werden kann (vorausgesetzt, daß die Anlage in gleichen Intervallen erfolgt!). Vor allem ist diese Längenzunahme eine relativ starke, in dem das anfangs überwiegende Breitenwachstum später stark abnimmt und wohl ganz zum Stillstand kommt vor Abschluß des Längenwachstums (auf große Strecken gleicher Durchmesser bei nach unten zunehmender Internodienlänge). Ähnlich, aber soweit bisher zu ersehen weniger ausgeprägt, ist das Verhalten in der Nichtfruchtregion der andern Arten. Ausnahmsweise kommt auch eine geringe relative oder sogar absolute Zunahme des Breitenwachstums an spätern Achsenteilen im Ver-

gleich zum vorausgehenden vor (*Zürcher Rhodochlamydee* und *Ensete I*).

Durchaus parallel ist übrigens das Wachstum der von der Achse ausgegliederten Organe, also von Tragblatt und Blüte: anfangs starkes Breiten- und geringes Längenwachstum, dann Verlangsamung und endlich Stillstand im erstern, Beschleunigung im zweiten. Auch bei der nichtfruchtenden Blüte bildet den Wendepunkt ungefähr die Zeit nach der Anlage der letzten (funktionierenden) Organe, also der Staubblätter. Die durchaus rudimentären Fruchtblätter werden erst in der Periode beschleunigten Längenwachstums bemerkbar.

Einen drastischen Beweis dafür, daß das Breitenwachstum der Achse nur soweit geht, als Raum vorhanden ist, und daß sie nicht imstande ist, ihren Anhangsorganen gegenüber dominierend aufzutreten, bilden die beim Öffnen der Brakteen tiefen Eindrücke der sie jeweils berührenden Blüten. Diese Eindrücke sind stets so deutlich, daß die Zahl der Blüten der Schar (resp. der Innenreihe) ohne weiteres daraus bestimmt werden kann. (Fig. 10 und 12 und Schumanns Abbildung Fig. 1 in Mus.). Die Eindrücke können freilich später, lange nachdem sich Brakteen und Blüten vom noch geschlossenen Kolben abgehoben haben und so nicht den leisesten Druck mehr ausüben, wieder etwas verwischen. Durchaus charakteristisch für das Verhalten von Achse und Brakteen ist, daß die Eindrücke derselben oder — bei zweireihiger Schar — gleichalteriger Blüten an den betreffenden Brakteen bei weitem undeutlicher sind als an der Achse, und zwar sowohl auf der Innen- als auch der Außenseite der Brakteen.

4. Der der Scheinstammhöhlung entsprechende Raum über dem Vegetationskegel der Infloreszenz.

Die Brakteen entstehen aber doch in gewisser Hinsicht nicht mehr unter denselben Bedingungen wie die Laubblätter. Kein fester Scheinstamm hindert die Breitenentwicklung mehr. Der viel geringere Unterschied in den Entwicklungsbedingungen der Brakteen und die wenigstens im Vergleich zum Längenwachstum der Achse schnellere Aufeinanderfolge der Anlage gestatten eine Beeinflussung der älteren Brakteen durch die jüngeren, so daß der der Scheinstammhöhlung entsprechende von den nächstälteren Brakteen gebildete Raum, resp. der Raum über dem Vegetationspunkt nicht zylinderförmig sein muß, sondern kuppelförmig sein kann (s. Fig. 6, I und 17a). Damit wird auch die enorme Längsstreckung des Blattes (Scheide + Stiel + Mittelnerv) nicht mehr erzwungen.

5. Wachstumsdifferenzen am Vegetationskegel?

Über das Ende der Infloreszenzachse ist nur zu bemerken, daß das wenige Material Unterschiede zeigte, die ebenfalls von mechanischer Bedeutung sein dürften. Bei *M. Ensete* war der Vegetationskegel flacher als bei der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*) und den von Schumann und Möbius gegebenen Abbildungen von *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen*. Doch wechselt

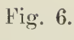


Fig. 6.

Abgrenzung des Blütenbildungsraumes und Wachstumsbedingungen der Tragblätter. III u. VII nach *M. Cavendishii*, übrige nach *Ensete*. Alle schwach schematisiert. In IV—VII ist der Umriß der Schar an Stelle der einzelnen sie bildenden Blüten gesetzt. Die Scharen sind einreihig dargestellt.

Längsschraffiert: Fruchtknoten.

Punktiert: epithalame Blütenteile.

Weißgelassener Teil unter dem Fruchtknoten: Podium.

Schräg schraffiert: Tragblatt.

I a u. IV Primordialstadien.

I b—d u. V junge Knospen.

II u. VI nichtfruchtende Blüten vor dem Öffnen.

III u. VII Fruchtblüten vor dem Öffnen.

auch das Verhalten innerhalb einer Art (resp. an ein und demselben Individuum mit dem Alter der Infloreszenz?), da er sowohl bei *Ensete* als bei der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea*?) an der älteren Infloreszenz etwas steiler war. Damit wechseln auch die Bedingungen für das Längenwachstum der Tragblätter, da sie bei flachem Vegetationskegel länger senkrecht auf der Achsenoberfläche wachsen können, ohne an die umhüllenden ältern Tragblätter zu stoßen, als dies bei steilerem Kegel der Fall ist. Im letzteren Fall ergibt sich also eine frühere Hemmung des Spitzenwachstums (s. u.), resp. stärkere Hemmung der Spreitenbildung. Lange und kurze, persistente und hinfällige Tragblätter dürften also z. T. auch damit begründet sein.

6. Wachstumsbedingungen der Tragblätter.

Die Grundzüge sind dieselben wie beim Laubblatt: Stellung in Spiralen, auf der die Dreierzeilen besonders auffallen, und gleichmäßige Wachstumsbedingungen durch weitgehenden Abschluß von der Außenwelt bis kurz vor dem Öffnen. Einige bedeutungsvolle Änderungen gegenüber den Bedingungen des Laubblattes sind oben unter 4. erwähnt worden, vor allem die Möglichkeit der mechanischen Beeinflussung der älteren Brakteen durch die folgenden nur wenig jüngeren, wodurch gegenüber der vertikalen Stellung der Laubblattscheiden hier eine nach außen geneigte (wenigstens im unteren Teil) umso eher zustande kommt, als die Brakteen sich ungefähr senkrecht auf der kegelförmigen Vegetationskegeloberfläche anlegen und zunächst in dieser Richtung wachsen, also nach oben divergieren. Junge Infloreszenzen standen mir nicht zu Gebote und in der Literatur finde ich auch keine verwertbaren Angaben über sie, so daß die Entstehung der unteren Brakteen und des jungen Infloreszenzkolbens nicht untersucht werden konnte. Wesentlich ist, daß der Raum, in den hinein die Brakteen wachsen, nicht mehr einen hohen Zylinder darstellt, wie dies im jungen Scheinstamm der Fall ist, sondern eine relativ niedrige **breite Kuppel** (Fig. 6, I und 17a). Hier müssen nach kurzer Zeit eines vollständig ungehemmten, kontaktlosen Wachstums (Fig. 6, I, a, b und 6, II) die spitzen Ränder der Brakteen oben und außen an feste und ihnen widerstehende Wände stoßen (Fig. 6, I, c), ihnen entlang einwärts wandern und sich nähern, bis sich der linke und rechte über- resp. ineinanderschieben. Am stärksten ist dies natürlich oben der Fall, wo der Raum am engsten ist, während nahe der Basis eine Berührung nicht eintreten kann, da die Basis der Brakteenanlage nicht um den ganzen Vegetationskegel herumreicht. Infolge der engen Spirale am Vegetationskegel und des relativ geringen Breitenwachstums desselben wird die Tiefenentwicklung nahe der Brakteenbasis bald gehemmt und erfolgt auch oben bald Kontakt nach innen mit den jüngeren Brakteen (Fig. 6, I, c, IV etc.), so daß ein weiteres Tiefenwachstum bald nur noch insoweit möglich ist, als das allgemeine Wachstum, besonders aber das Auseinanderschieben der verschiedenen Brakteen durch die Streckung der Internodien dafür Raum schafft. Inzwischen hat oben — innerhalb der eben angegebenen Grenzen — eine Be-

grenzung des erst ungehemmten Breitenwachstums stattgefunden, nachdem die auf der Grundspirale benachbarten Brakteen in engen seitlichen Kontakt getreten sind (vergl. 6, VI). Diese Erweiterung nach der Seite ist an den proximalsten Teilen naturgemäß am längsten möglich. Aus meinem freilich kleinen Material glaube ich entnehmen zu dürfen, daß die Breite der Brakteenanlage ein und derselben Infloreszenz nicht konstant ist, also schon vor dem Auftreten des ersten Kontakts eine den Wirkungen des späteren Kontaktes durchaus parallele Beeinflussung stattfindet,[1]) in dem Sinne, daß die Brakteen möglichst früh möglichst große Breite erreichen. Differenzen, die mit der allgemeinen Abnahme nach der Infloreszenzspitze nichts zu tun haben, sind immer zu konstatieren. Ihre Ursachen sind nicht leicht ersichtlich. Wie später auszuführen sein wird, halten sie sich aber an Dreier-, Fünfer- etc. -zeilen, dürften also mechanisch begründet sein. Von der Achsenkrümmung, Stellung zur Sonne etc. sind sie sicher unabhängig. — Um Mißverständnissen vorzubeugen, bemerke ich noch, daß die Brakteenadern alle ziemlich längsgerichtet, also $\pm$ parallel sind (Fig. 5g), daß daher auch das Wachstum in dieser Richtung vor sich gehen muß. Wenn ich von seitlicher Verbreiterung etc. spreche, so ist damit die Verbreiterung durch neue von unten herauf wachsende Teile gemeint, nicht aber ein Vorwachsen medianer Teile nach der Seite. In der Unmöglichkeit solchen Wachstums nach der Seite hin liegt wieder ein sehr charakteristischer Unterschied zwischen den Brakteen und den Laubblättern, deren Spreite intensiv von der Mediane nach der Seite wachsen kann. In dieser Unmöglichkeit sekundärer Verbreitung von der Mediane aus dürfte auch irgendwie, durch Vermittlung der Vererbung und ontogenetische Vorausnahme von notwendigen Anpassungen späterer Stadien etc. die merkwürdige Breite der Brakteenanlage begründet sein.

Bei *Ensete* recht spät, nachdem der Raum nach der Tiefe und nach der Seite in der Hauptsache okkupiert ist, bei der *Zürcher Rhodochlamydee* relativ früher setzt ein zweites Stadium stärkeren Längenwachstums des jungen Tragblattes ein. Da die älteren Tragblätter sich über dem Vegetationskegel einrollen, stößt die Spitze der jüngeren Blätter, wie schon oben bemerkt, bald an die Innenwand eines alten Blattes und wächst nun derselben entlang nach aufwärts und innen. Auch dieses Wachstum findet eine Grenze unmittelbar unter der Spitze des nächstäußern Blattes der Grundspirale (nicht der Dreierzeile), da die Blätter von einer gewissen Höhe über der Insertionsstelle an bis ganz oben eingerollt sind, sodaß sich — und dies ist wohl der wichtigste Gegensatz zum Laubblatt! — für jüngere Organe gar kein Ausweg nach oben findet. Mit dem langsamen, natürlich durch das Abheben der älteren Tragblätter beeinflußten Wachstum der nächst äußern Blätter

[1]) Vergleiche auch die deutliche, in meiner schematischen Figur eher zu starke Einwärtskrümmung der Spitzen junger Brakteen, bevor sie an die Innenwand der Kuppel stoßen (6, I, a und b).

wird aber auch für das innerste Blatt immer wieder ein wenig neuer Raum geschaffen, so daß auch das Längenwachstum in der noch so hermetisch geschlossenen Infloreszenz nicht ganz zum Stillstand kommt. In dieser relativ lange dauernden Periode allseitig gehemmten Wachstums macht sich besonders bei *M. Ensete* ein relativ beträchtliches Erstarken (vergl. 6, I, b, d, innerstes und äußerstes Tragblatt), d. h. Tiefenzunahme von der Mediane nach außen hin bemerkbar. Das vorher weiche Organ, das sich ganz der Umgebung anpassen mußte, wird dadurch immer mehr befähigt, seine Umgebung zu beeinflussen, und sich so selber Raum zu schaffen. Die Wölbung von der Basis bis zur Spitze wird dadurch eine immer gleichmäßigere (Fig. 6, II und III. Bei *Ensete* anfangs nach außen stark konvexe Krümmung im untern Teil, oben gerader Verlauf, Fig. 17a. Bei höher spezialisierten Formen mit stets schwächern Tragblättern und gleichmäßigerem Achsenwachstum ist die Form konstanter).

Unter diesen Umständen ist die Frage von größter Wichtigkeit; ob der gegenseitige Druck der Tragblätter überall gleich stark ist, oder ob sich konstante Differenzen finden, und wo im letzteren Falle die Stellen geringster Hemmung, d. h. geringsten Druckes sich befinden. Es ist klar, daß letztere Stellen für die endgültige Entwicklung noch jüngerer, weniger kräftiger Organe am günstigsten sind. Daß die ersten Stadien und die Anlagebedingungen keine ausschlaggebende Rolle spielen, ist bei der spätern starken Druckzunahme und dem zuerst überall noch reichlich zur Verfügung stehenden Raum selbstverständlich.

7. Der Blütenbildungsraum.[1])

Aus obigem ergibt sich ohne weiteres, daß der untere Teil eines Tragblattes vor dem oberen insofern ausgezeichnet ist, als in spätern Stadien die Innenblätter auf den oberen Teil, d. h. von der Stelle der Krümmung zur Spitze hin, einen immer stärkeren Druck ausüben, während im untern Teil der anfangs ebenfalls vorhandene Druck stets nicht nur viel weniger senkrecht auftritt, sondern sogar mit dem Einsetzen eines stärkeren Achsenwachstums abnimmt, sodaß hier sogar freier Raum entsteht (Fig. 6, Id im Vergl. zu Ic), soweit die Zunahme des Tiefendurchmessers des Blattes nicht die Distanzverringerung übertrifft. Letzteres ist aber, soweit meine Beobachtungen reichen, nicht der Fall. Auch die Höhe dieses Raumes von der Insertionsstelle des Blattes bis zur Einwärtskrümmung resp. Kontakt mit den innern Blättern nimmt übrigens mit dem Erstarken und sich Strecken der jüngern Tragblätter auch in der letzten Periode noch etwas zu. Da die nächste und die zweitnächste Braktee der Grundspirale (Fig. 6, IV ff.; Asymmetrie der Schar übertrieben stark dargestellt!) aber mit ihrem linken, resp. rechten Rand sich zwischen Achse und

[1]) In Fig 6, I—VII denke man sich zur Illustration dieses Abschnittes einfach die Blüten weg!

ein als Ausgangspunkt genommenes Tragblatt (die Basis ist im Max. fast halb stengelumfassend) einschieben, so ist natürlich auch dessen mittlerer Teil bevorzugt. Die günstigste Stelle liegt aber rechts von der Mitte, 1) weil die Dreierzeilen nach links ansteigen (vom Beobachter aus gesehen), 2) weil der rechte Rand der linksstehenden Brakteen vor dem linken der rechtsstehenden in jeder Beziehung voraus ist.

8. Die Wachstumsbedingungen der Blütenschar.

In der Schar spielt — wenigstens in reichblütigen Scharen — die Einzelblüte nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die Wachstumsbedingungen der Blüte sind daher durchaus abhängig von denen der Schar. Wie oben dargestellt (s. auch Fig. 6, I b, c und IV) wächst dieselbe in einen Raum hinein, der innen z. T. wenigstens an die Achse anschließt und, dem Achsenumfang folgend, am meisten nach der Breite, am wenigsten nach der Tiefe entwickelt ist. Die nötige Tiefe zur Blütenentwicklung wird durch die kleinen Abstände bei der Brakteenanlage gewonnen, später vor allem durch das Breitenwachstum der Achse vor Erstarkung der Brakteen. Die Höhe des Raumes ist früh begrenzt und zwar durch die Stelle, wo die anfangs nach außen neigenden Brakteen infolge der erzwungenen Umbiegung der Spitze und Einrollung der Ränder nach innen neigen und damit auf der Innenseite mit den folgenden Brakteen in Kontakt geraten (Fig. 6, I c und d).

Die Blüten legen sich — wie später ausführlich darzustellen ist — in ± bestimmter Zahl von rechts nach links an, in der Richtung also, in der am meisten Raum zur Verfügung steht, und in der auch die Brakteen zunächst am stärksten wachsen. Wo die Tiefe des Blütenbildungsraumes größer ist als die der Blütenanlage, ist die Stellung in zwei verkeilten Reihen resp. in einer Zickzackreihe möglich; wo beide übereinstimmen, ist Einreihigkeit eine Notwendigkeit.

Die Blüten legen sich (in der untersuchten nichtfruchtenden Region wenigstens) dicht nebeneinander an, sodaß sie seitlich bald in Kontakt treten. Da sie stiellos auf dem Polster oder in der Blattachsel aufsitzen, ist höchstens durch ein fächerartiges Ausweichen (Fig. 8, 9 und 12) bei der einzelnen Blüte eine Seitenentwicklung möglich, die stärker ist als die der Blütenbasis. Da aber in der Regel der ganze verfügbare Raum am Blütenbildungsgrund wenigstens nach links hin von Anlagen bedeckt wird, ist auch diese Möglichkeit von Raumgewinn in der Regel sehr eingeschränkt, wenn sie auch bei *M. Cavendishii* in relativ hohem Maße vorhanden ist. An einigen Infloreszenzen ließ sich nicht selten eine Unterdrückung der am meisten links stehenden Anlage konstatieren (Fig 11 a, R.), ein Versagen auf früher Entwicklungsstufe. Genaueres hierüber und über andere solche mechanische Beeinflussungen wird bei der ausführlichen Behandlung der Partialinfloreszenz zur Sprache kommen.

Nachdem die Blüten sich nach der Breite und Tiefe (Fig. 6, Ia) möglichst Raum gesichert haben, beginnt ebenfalls eine zweite Periode sehr intensiven Längenwachstums (Fig. 6, Ia, b und d) und zwar hauptsächlich der Hülle. Es dauert so lange, bis auch nach dieser Richtung kein Raum mehr vorhanden ist. Dann folgt eine allgemeine Periode der Kräftigung (Fig. 6, II etc.; s. auch Ontogenie der Blüte).

Die Blüten sind anfangs ganz schutzlos den Wirkungen des Drucks der Brakteen ausgesetzt, wie aus der Konturbeeinflussung zu erkennen ist. Nach der Erstarkung, besonders des Fruchtknotens, ändert sich die Sachlage sehr zu ihrem Vorteil. Sie beeinflussen nun zunächst die anliegende Achsenpartie, dann — aber weniger stark — auch die Innen- und Außenseite der anliegenden Brakteen. Immerhin ist, wie in Fig. 6, III (Innenseite, ca. 2 cm über Fruchtbasis) angedeutet, auch bei so großen Früchten wie bei *Cavendishii* der Einfluß der Brakteen noch weit überwiegend.

Aus dieser Beobachtung ungleichen Widerstandes von Achse und Innenbrakteen sowie aus der Tatsache, daß die Brakteenbasis sich über die Fortsetzung der Achsenkontur resp. der Internodien nach außen vorwölbt, ergibt sich logischerweise, daß in dem Raum vom Blattachselgrunde bis zum Ansatz des nächsten auf der Dreierzeile folgenden Tragblattes wieder besonders geringe mechanische Hemmungen, also besonders günstige Entwicklungsbedingungen vorhanden sind. Damit steht in Einklang, daß der Fruchtknoten sich in der Hauptsache in diesem Raum entwickelt. (Er kann ev. noch an der Brakteenbasis nach oben vergrößert sein bis zur Stelle, wo die Fruchtknotenbildung der entsprechenden nächsten Schar begann.) In diesen Raum teilt sich mit dem Fruchtknoten aber noch das Podium. Geringe Internodienlänge geht in meinem Material aber mit geringer Podialhöhe, resp. völliger Reduktion desselben parallel — eine nach Mitteilung dieser Tatsache leicht verständliche und wohl bei den Bananen allgemeine Erscheinung.

9. Die Internodienlänge und ihr Zusammenhang mit Frucht- und Nichtfruchtblüten, Zahl der Blüten etc.

Die Internodienlänge zeigt, abgesehen von individuellen Schwankungen, die ev. zu Verlaubung führen (*Ensete II* und *M. coccinea* in Peters fl. bras.), einerseits charakteristisches Verhalten für die einzelnen Arten und Subgenera, anderseits für die verschiedenen Teile der Infloreszenzachse. Ausnahmslos zeigt sich von der Infloreszenzbasis nach der Spitze eine **Abnahme der Internodienlänge** und zwar als Fortsetzung der Abnahme der Internodienlänge in der Region der Übergangsblätter. Die Abnahme ist dabei in der Frucht- resp. Trugfruchtzone kleiner als in der Region der Übergangsblätter, aber stärker als in der Region der nichtfruchtenden Blüten, wo die Internodienlänge schließlich ± konstant, die

Abnahme also sehr gering wird.[1]) Die Abnahme nach oben ist also eine primäre Eigenschaft des Wachstums der Achse oberhalb der Laubblattregion und nicht etwa allein induziert durch die reichliche Fruchtbildung, wie man ohne Berücksichtigung des Infloreszenzträgers leicht glauben könnte. Bei *Musa Ensete* war die Abnahme in der Fruchtzone beider Exemplare (trotz der starken absoluten Differenz in der Größe der Internodien bei I und II) eine relativ kleine und gleichmäßige, auch ein großer Teil der Nichtfruchtzone zeigte noch eine deutliche Abnahme, so daß die Kurve der Internodienlänge einen ziemlich gleichmäßigen Verlauf und im Vergleich zu den folgenden minimale Differenzierung zeigt. *M. Cavendishii* (Region der Übergangsblätter fehlte fast ganz) zeigte in der Trugfruchtregion im Vergleich zu *Ensete* (sowohl absolut als auf den Achsendurchmesser bezogen) größere Internodien und ein prozentuell viel stärkeres Fallen gegen die Nichtfruchtregion hin, in der Nichtfruchtregion dagegen größere Konstanz, auch in deren unterem Teil. Die Kurve zeigt an der Grenze beider Regionen somit einen Knick. Noch weit deutlicher ist die Differenzierung bei der *Zürcher Rhodochlamydee*, indem die Kurve in der Fruchtzone noch stärker fällt und noch viel unvermittelter in die noch konstantere Kurve der Nichtfruchtzone übergeht. Diese Kurve ist also offenbar die spezialisierteste. Sekundäre Abweichungen durch Verlangsamung der Abnahme oder gar Zunahme gegen das Achsenende hin habe ich bei der *Zürcher Rhodochlamydee* und *Ensete I* beobachtet. Sie sind aber im Vergleich zum Gesamtverlauf ganz unbeträchtlich, auch bleibt die Länge dieser Internodien unter derjenigen des obersten Internodiums der Fruchtzone. Die Abweichungen sind also für die Ausbildung der Hauptblütentypen bedeutungslos.

Die Unterschiede im Verlauf des für die Organisationshöhe einer Art so charakteristischen ersten Kurventeils werden dadurch noch wesentlich mehr herausgehoben, daß bei *M. Ensete* die **Zahl der Fruchtscharen** zwar eine sehr wechselnde, meist aber eine relativ recht große ist, meist 20—30 und mehr (auffallend klein bei Wittmacks 2. Ex.). Bei *M. Cavendishii* ist sie etwas kleiner und enger begrenzt (nach Angaben der Literatur und genügend vollständigen Fruchtständen in hiesigen Schaufenstern ca. 16—18). Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*) endlich ist sie sehr klein und wenig wechselnd, nämlich 4—5. Dasselbe gilt für die andern *Rhodochlamydeen*, übrigens auch für *M. discolor* etc. Sehr charakteristisch ist wieder das Verhalten der auch sonst vom Typus abweichenden *M. superba*. Nach der Abbildung (diesbezügliche Textangaben fehlen) hat sie ebenfalls relativ sehr lange Internodien der Fruchtzone und geringe Zahl von Fruchtscharen.

Die **Ursache** für die erwähnten Unterschiede der untersuchten Arten vermute ich in folgendem: Bei *Ensete* ist die Trugfruchtbildung gering. Die Trugfrüchte sind nicht nur absolut klein gegen-

---

[1]) Beispielsweise betragen die Internodienlängen von unten nach oben am Infloreszenzträger 10 cm, 6 cm; in der Fruchtregion 4 cm, 3 cm, $2^1/_2$ cm; in der Nichtfruchtregion 1,5 cm, 1,2 cm, 1,0 cm . . . 0,9 cm etc. Siehe auch Fig. 5a, b, c.

über den Gemüse- und Eßbananen, sondern auch relativ klein gegenüber denen aller *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen*, an der Größe der Pflanze, Achsenquerschnitt in der Fruchtregion etc. gemessen. Sie beanspruchen also einen relativ sehr kleinen Teil der zugeführten Nahrungsmenge. Die echten Fruchtblüten haben ebenfalls einen geringen Einfluß auf die Anlage, resp. Wachstum der nächsten Infloreszenzteile, da sie erst nach erfolgter Befruchtung, wenn die Infloreszenz sich schon ein gutes Stück weiter entwickelt hat, höhere Ansprüche stellen. Der Einfluß der Fruchtblüten im weiteren Sinne auf das Wachstum der Nichtfruchtregion ist also unbedeutend, der weitere Verlauf der Kurve daher in der Hauptsache der Ausdruck der Abnahme der Wachstumsenergie des Achsenendes. Die Bildung von echten, stets samenlosen Trugfrüchten *(M. Cavendishii)* oder Trugfrüchten mit gelegentlicher Samenbildung (*Rhodochlamydeen*) stellt dagegen weit höhere Anforderungen, einerseits weil sie relativ weit mehr Stoff beanspruchen, vor allem aber weil sie ihn recht früh (wohl sofort) und unfehlbar in Anspruch nehmen (Trugfrüchte von fast voller Größe in noch geschlossenen Brakteen!). Die Vegetationsspitze wird daher sofort nach der Bildung der ersten Blüte einer äußerst scharfen Konkurrenz ausgesetzt, daher rasche Abnahme ihres Längenwachstums, so lange Trugfrüchte angelegt werden, ± konstante Internodienlänge, sowie dies aufhört.

Die früher erwähnte **Brakteenreduktion** dürfte wohl zumteil wenigstens ebenfalls hierauf zurückzuführen sein. Ein sprechender Beweis in dieser Hinsicht ist *M. coccinea,* deren Brakteen noch verlaubungsfähig und persistent sind und die pro Schar nur 1—2 Blüten bildet (die Angaben schwanken übrigens), während die *Zürcher Rhodochlamydee* mit meist vier oder sogar fünf Blüten pro Tragblatt weit stärker beeinflußt wird. Womöglich noch drastischer ist das Verhalten der Physokaulidee *Musa superba,* bei der in der Fruchtregion die Tragblätter persistieren, in der Nichtfruchtregion aber abfallen. Dies Verhalten dürfte trotz seiner Seltenheit Anspruch machen auf eine deutliche Ursprünglichkeit gegenüber dem Verhalten der höher spezialisierten Formen, wo alle Brakteen, auch die der Fruchtregion, abfallen und in Größe und Funktion gleichstark reduziert sind.

Auch die **Gesamtzahl der Blütenscharen** steht vermutlich unter diesem Einfluß: *Ensete* bis 500 Scharen nach Wittmack (= ca. 15000 Blüten, eher mehr), *Zürcher Rhodochlamydee* höchstens 170 Scharen (= ca. 500 Blüten). Die ungleichmäßige Zunahme der Blütenzahl in der Nichtfruchtzone bei *Ensete* (bis wenigstens zum ca. 100. Tragblatt) gegenüber der Konstanz, resp. Abnahme bei den Vertretern von Subg. *Eumusa* und *Rhodochlamys* und die Durchschnittszahlen der Nichtfruchtblüten pro Schar: 25—35 bei *Physokaulideen* (max. 48 bei *Ensete*), 10—15 bei *Eumuseen* (max. 33, oft auch unter 10), 2—4 (max. 6) bei *Rhodochlamydeen* dürften in diesem Zusammenhang erwähnt werden, zumal auch eine experimentelle Behandlung dieser Fragen möglich

und praktisch nicht unwichtig ist.[1]) Andererseits ist schon im vorigen Abschnitt (Wachstumsbedingungen der Blütenschar) darauf hingewiesen worden, daß die Internodienlänge die Fruchtknotenlänge bestimmen hilft, indem der Fruchtknoten an der oberen Grenze des Internodiums (der Dreierzeile) plötzlich auf größere Wachstumsschwierigkeiten stößt.

Die Regionenbildung der Infloreszenz ist daher, soweit bisher ein Urteil gestattet ist, wohl begründet:

1. physiologisch durch reichlichere Ernährung im unteren Teil, der dem oberen zugleich Nahrung entzieht,
2. mechanisch durch Wachstumshemmung auf früherer Stufe im oberen Teil durch Bildung kürzerer Internodien.

II. Teil: Beschreibung und Herkunft des Materials.

Der erstuntersuchte Blütenstand, **Musa Ensete** (Fig. 7), als **Ensete I** zitiert, war im November 1906 von Herrn Prof. Wegelin in Frauenfeld an Herrn Prof. Schröter übersandt worden. Herr Dr. Ullmann, in dessen Garten in **Mammern**, Kt. Thurgau am Bodensee, die Pflanze gewachsen war, hatte die Freundlichkeit, mir u. a. folgende Mitteilung zukommen zu lassen: „In den letzten 10 Jahren kamen in den Gärten der Anstalt 3 Pflanzen zum Blühen. Ein 1899 blühendes Exemplar, das reichlich von Bienen besucht wurde, reifte 150—200 Samen. Die Pflanze war etwa 14—15 Jahre alt Die Form und Größe der Früchte war etwa die einer Kastanie mit drei Samen, welch letztere einer länglichen Haselnuß glichen. Die Früchte reichten etwa bis zur halben Länge der Infloreszenz hinauf.[2]) — Das Exemplar stammt von einem aus einer Samenhandlung bezogenen Samen und begann erst Anfang August zu blühen, die andern schon Anfang Juni.[3]) Das Blühen dauert bis ein Jahr. Die Pflanzen erreichen eine Höhe von 7—8 m. Der Blütenstand liegt weit über im flachen Bogen, die Brakteen stehen etwas von der Achse ab („tulpenförmig").“

Ich füge diesen Angaben bei, daß die untersuchte Pflanze trotz des spätern Beginns des Blühens (Anfang August 1906) doch schon im November 2 Samen von 1 cm Durchmesser trug. (Ganz

---

[1]) Nach Versetzen soll besonders reichliche Fruchtbildung eintreten. Abschneiden der Stolonen dürfte zum selben Ziele führen.

[2]) Soweit mir bekannt, bleibt die Fruchtregion auch bei *M. Ensete* an Länge deutlich hinter der Nichtfruchtregion zurück.

[3]) Mit diesen Exemplaren stimmt auch das im botanischen Garten der Universität Zürich jetzt blühende Exemplar im Beginn der Blütezeit (Juni 1912) überein (s. *Ensete IV*).

ausgereifte Samen übertreffen diese Dimensionen noch um ca. 50 Prozent.) Der Blütenstand maß, von der Basis der untersten Brakteen bis zur Spitze der zu oberst sichtbaren gerechnet, ca. 1 m. Die Achse war etwas gekrümmt, im obern Teil nach anfänglicher schwacher Verjüngung deutlich verdickt. Die Hüllen und Fruchtknoten der Fruchtblüten im weitern Sinne (s. Fig. 7, e und f), waren alle welk, mit folgenden Ausnahmen: a) In den obersten Scharen dieses Typus waren einige wenige Fruchtknoten ganz oder teilweise grün bis grüngelb, also ± frisch. Sie zeichneten sich alle dadurch aus, daß sie entweder fast reife Samen oder keimlose Samen oder dann doch Ovula besaßen, die wenigstens deutlich, aber nur wenig weiter entwickelt waren als die der übrigen Fruchtknoten. b) Sämtliche Fruchtknoten der untersten Scharen waren gleichmäßig frisch und grün (Fig. 7e). — Die untersten Scharen der nichtfruchtenden Blüten waren stark zersetzt und verschimmelt, sodaß für einige Scharen nicht einmal die Zahl der Blüten festgestellt werden konnte. Weiter oben befanden sich besser und dann gut erhaltene Blüten desselben Typus. Die Blüten, die sich hinter noch geschlossenen oder erst im Laboratorium geöffneten Brakteen befanden, waren intakt. — Die Fruchtblüten verpackte ich, je die Blüten jeder Schar zusammen, in Papierdüten; die nichtfruchtenden Blüten dagegen wurden, soweit sie frisch waren, unter Erhaltung der natürlichen Gruppierung in Formol konserviert. Die Spitze der Achse mit den obersten Brakteen und allen Primordien wurde gleichfalls in Formol gelegt. Zur Untersuchung wurden die Fruchtblüten, nach einer ersten Prüfung in unverändertem Zustand, in verdünnter Milchsäure aufgekocht. Bei den Nichtfruchtblüten traten — wie aus dem Vergleich mit Messungen an noch ganz frischen Blüten sich ergab — während der Aufbewahrung gleichmäßige Veränderungen der Längenmaße ein. Ein sicheres Studium der Druck- und Kontaktverhältnisse war an ihnen trotzdem noch möglich. Bemerkenswert ist, daß die Vegetationsspitze von den Brakteen so fest umschlossen ist, daß im Laufe von ca. 4 Monaten kein Tröpfchen Flüssigkeit in den von den letzteren gebildeten Hohlraum gelangen konnte. — Einige Blütenscharen waren von *Limax agrestis* verwüstet.[1])

[1]) Bemerkenswert ist, daß die Schnecken nur die Blüten und einen Teil ihres Podiums verzehrten, Achse und Brakteen unberührt lassend. Erstere Teile zeigen, nach der Färbung des Messers beim Schnitt zu urteilen, weniger Gerbsäure. — Für das Vorhandensein einer chemischen Differenz (allenfalls von Unterschieden im physikalischen Verhalten der Zellwände begleitet) zwischen den einzelnen Blütenteilen, resp. den Blüten und den benachbarten Teilen der Pflanze, spricht auch die Verteilung verschiedener Pilze, die sich während der Untersuchung rasch auf dem Material in unliebsamer Weise breitmachten. Besonders der Pollen und mit ihm bestreute Blütenteile sowie die Antheren waren ganz von weißen und rötlichen Hyphen umsponnen, zu denen sich später blaue und grüne, innen rostrote Häufchen gesellten, zumteil mit Konidien. Auch in der Nähe der Honigspalten fanden sie sich; viel spärlicher waren sie am Griffel und fehlten an Filament und Blütenhülle sowie an Achse und Tragblatt ganz, soweit ihnen keine Verletzung den Zugang zu den feuchten Zellen des Innern öffnete. Auf den natürlichen Narben der abgefallenen Blüten und Brakteen anderer Arten fehlten sie ebenfalls völlig, so daß die Pflanze vor dem Ein-

Die Untersuchung dieses Blütenstandes (über 4000 Blüten) wurde Ende Frühjahr 1907 abgeschlossen.

Gegen Ende Oktober 1908 erhielt ich durch die Firma Winter einen zweiten Blütenstand von *M. Ensete* (zitiert als **Ensete II**) von **Bordighera.** Das Exemplar, von dem er stammte, war laut den erbetenen begleitenden Mitteilungen 6 Jahre alt, hatte am

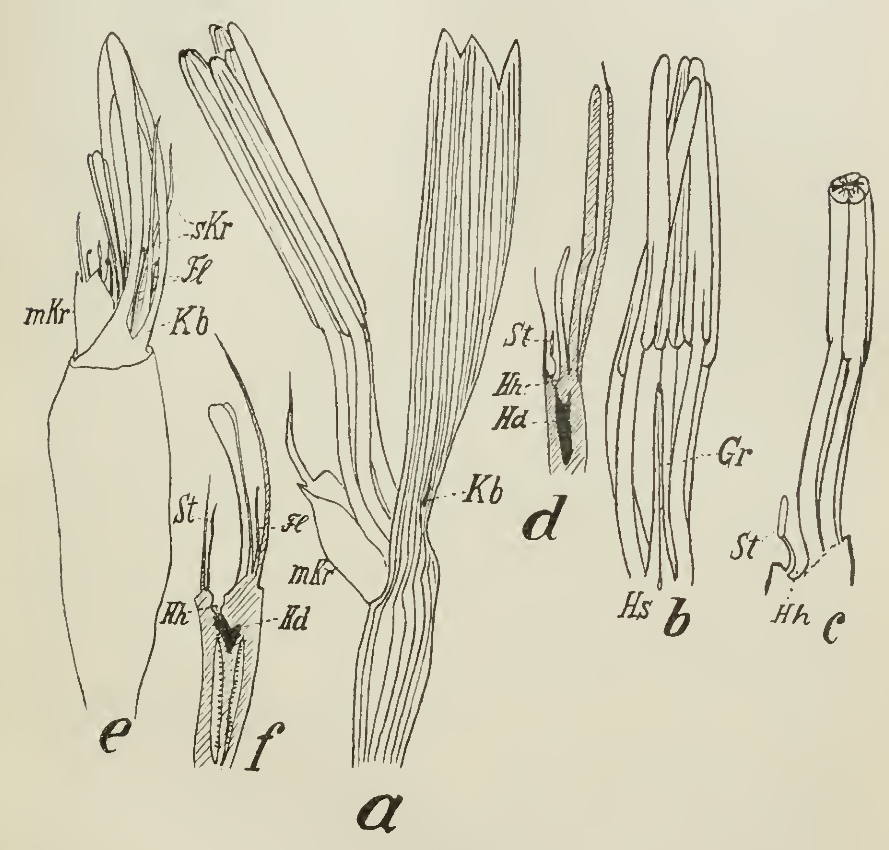


Fig. 7. *M. Ensete I.*

a—d nichtfruchtende Blüten. *a* von links; *b* Sexualblätter excl. Staminodium von hinten; *c* Andrözeum von links (oberer Teil der Antheren entfernt, um die Raumausnützung zu zeigen; *d* Blüte im Radialschnitt, von links. — *e* u. *f* Fruchtblüten: *e* Trugfruchtblüte der untersten Schar; *f* Fruchtblüte im engeren Sinne, ohne Samenbildung, daher ohne Fruchtknotenwachstum. — *Fl* Filament. *Hd* Honigdrüse. *Hh* Honighöhle. *Gr* Griffel. Übrige Buchstaben s. Fig. 2.

a—c in ca. $1^1/_3$, *e—f* in ca. $^9/_{10}$ nat. Gr., *d* stärker verkleinert.

1. September 1908 zu blühen begonnen und besaß eine Höhe von 3 m. Die Infloreszenz war nach SO geneigt, ca. 40° von der

dringen des Pilzes wohl geschützt erscheint. Auch auf den Schnittflächen eines in Kalkpulver eingelegten Stammsektors von *M. Cavendishii* traten sie nach Abwaschen des Kalkes in Massen in kurzer Zeit auf, aber wieder nicht auf der natürlichen Außenfläche.

Vertikalen abweichend. Der Same, aus dem die Pflanze gezogen wurde, stammt von einem Exemplar aus einem Garten von Bordighera. Eine Anfrage wegen noch zweifelhafter Punkte blieb unbeantwortet. Die Länge des Blütenstandes betrug 98 cm, wiewohl die Pflanze nur halb so lange geblüht hatte als *M. Ens. I* und nur die halbe Höhe erreichte! Die Zahl der Blüten betrug weit über 4000. Die den Brakteen vorangehenden „Übergangsblätter" waren grün. Die ersten Brakteen waren fast ganz vertrocknet, die folgenden dagegen noch frisch und rot. Der ganze Kolben sowie die entblätterte Achse war erst leicht gekrümmt. Die untersten ca. 20 Brakteen waren, nach oben abnehmend und in die gewöhnliche Tragblattform übergehend, verlaubt (Fig. 5 f), d. h. der scheidig verbreiterte, gleichmäßig von parallelen Nerven durchzogene Blattgrund resp. das Unterblatt besaß, ohne eine Spur von Stiel und Mittelnerv zu zeigen, an den Rändern und der Spitze Reste einer Blattspreite, eine bei Bananen hie und da konstatierte Bildung (s. z. B. Masters, Penzig, Petersen, Fl. br.). Bei den untersten Brakteen besaß jede solche die parallelnervigen Brakteen umrandende Spreitenhälfte ungefähr 5 cm Breite. Die Blüten an der Infloreszenzbasis waren wie bei *Ens. I* welk; doch waren auch hier alle Fruchtknoten der ersten (4) Scharen ganz frisch, ebenso ein kleiner Teil der obersten Scharen mit gut entwickelten Fruchtknoten, die sich durch ihre etwas größeren Samenanlagen auszeichnete. Die Fruchtblüten wurden wieder — unter Erhaltung der Stellung in der Schar (ev. durch Zusammennähen) — in Papier verpackt und trocken aufbewahrt. Die unteren Nichtfruchtblüten befanden sich ebenfalls in lebhafter Fäulnis, die später folgenden waren intakt. In den Blüten befanden sich lebende Syrphuslarven, Aphiden, Staphylinen, ferner tote Exemplare von Syrphus und anderen Fliegen, Ameisen und zwei Bienen. Die lebenden Tiere fanden sich immer zwischen den vertrockneten Fruchtknoten und in welken Blüten. Durch ihre Größe und Beweglichkeit scheinen — bei der Größe des Pollens — hauptsächlich die Syrphiden und Bienen als Bestäuber geeignet. Auch das in Mammern blühende Exemplar wurde laut Mitteilung des Gärtners fleißig von Bienen besucht. Dasselbe gilt für das seit Juni 1912 im Freien im bot. Garten der Universität Zürich blühende Exemplar. In den Tropen kommt der Besuch durch langschnäbelige Vögel dazu. Die in den Brakteenachseln herrschende hohe Temperatur dürfte bei dem Eintritt kühlerer Nächte neben (oder, weil die Tiere sich nicht weniger häufig in pollen- und honigleeren Scharen befanden, sogar eher als) Pollen und Honig einen Teil der Insekten angelockt haben. — Bei der Untersuchung der Blüten ging ich in der Weise vor, daß ich den umgekehrt aufgehängten Blütenstand jeweils das älteste Tragblatt mit der zugehörigen Schar entnahm und die letztere auf alle wichtigen Punkte sofort untersuchte. Darauf würde die Schar in toto zu späterer eingehender Untersuchung konserviert und die nächste in Angriff genommen. Trotz des großen Saftverlustes aus den Wunden und wiewohl die freihängende Pflanze kein Wasser aufnehmen konnte — immerhin war sie vor direkter Sonne ge-

schützt — blieb der jüngere, in natürlichem Zustand obere Teil fortwährend lebenskräftig,[1]) so daß ich stets frische Blüten untersuchen konnte. Erst nach ca. 3 Wochen gelangte ich so zu ca. 1 cm langen Blütenknospen, die wegen der großen Brüchigkeit eine Untersuchung nur bei großem Zeitverlust gestattet hätten. Deshalb wurde die Vegetationsspitze als Ganzes konserviert und später untersucht. — Es fand sich im ganzen Blütenstand kein einziger über die von fast allen Anlagen erreichten ersten Stadien (ca. $^1/_2$—1 mm Durchmesser) weiter entwickelter Same.

Von *Musa Ensete* standen mir ferner noch eine Hälfte eines der Länge nach aufgeschnittenen und so als Ganzes ohne Pressung getrockneten Blütenstandes (Grand Hôtel **Locarno**, leg. Oberforstmeister Merz, dedit Prof. Bourgeois; zitiert als **Ens. III)**, sowie eine Anzahl einzelner Blüten und ganzer Blütenscharen mit Tragblatt, offenbar vom selben Exemplar im botanischen Museum resp. im Herbarium generale der eidg. technischen Hochschule in Zürich zur Untersuchung zur Verfügung.

Im Juni 1912 erblühte auch eine Banane dieser Art im bot. Garten der Universität **Zürich** (zitiert als **Ens. IV)**. Ihre Gesamthöhe (Boden bis zum Ende der noch jungen Infloreszenz) beträgt ca. 6 m. Das längste Blatt erreichte ohne Stiel eine Länge von 4 m. Der Blütenstand beginnt ca. $4^1/_2$ m über dem Boden und ist dicht von zahlreichen Übergangsblättern an kurzem Infloreszenzträger umgeben. Die ersten Brakteen waren noch blaßgrün, ohne Rot, wie übrigens auch die Blattnerven nur wenig Rot zeigten. Ca. 14 Tage nach dem Aufblühen sichtbare Tragblätter zeigten aber die *Ensete* eigene dunkelbraune Färbung. Nach Versetzung ins Gewächshaus wurden die Brakteen gelb. Ende November zeigten sich Spuren von Samenbildung in den obersten Fruchtscharen. In den unteren ist deutlich und ausnahmslos Ansatz zu Trugfruchtbildung bemerkbar. Eine eingehende Untersuchung konnte natürlich noch nicht stattfinden.

Etwas vor *Ensete II* waren in Alkohol konservierte Infloreszenzteile von **M. Cavendishii** eingetroffen, die Herr Prof. Schröter bei einer Frühjahrsreise von den Kanaren aus den Bananenkulturen des Herrn Perez in **Orotava** für mich mitgebracht hatte. — Es lagen drei Infloreszenzteile vor. Der eine **(Cavendishii I)** bestand aus der Basis einer Infloreszenz, deren oberer Teil durch einen Schnitt senkrecht zur Achse entfernt worden war, sodaß nur Trugfruchtblüten, resp. die basalen Teile der Fruchtknoten

[1]) Für die Fruchtregion ist dies eine alte viel verwendete Erfahrung; denn bekanntlich werden fast alle Exportbananen an der Infloreszenzachse verschickt und bis zum Verbrauch möglichst im Dunkeln und Kühlen gehalten, wo sie lange fast unverändert bleiben sollen, um ans Licht gebracht in wenigen Tagen auszureifen, falls dies intensiv genug ist. Sehr demonstrativ ist auch das Verhalten der jetzt blühenden *M. paradisiaca* subsp. Zürich, deren Infloreszenz noch weiter wächst und blüht, wiewohl sämtliche Blätter, Scheinstamm und, so weit zu sehen, auch der Infloreszenzträger schon lange total welk sind. Das Wachstum findet also jetzt — ca. 17 Monate nach Beginn des Blühens — offenbar nur noch auf Kosten der Infloreszenzachse statt.

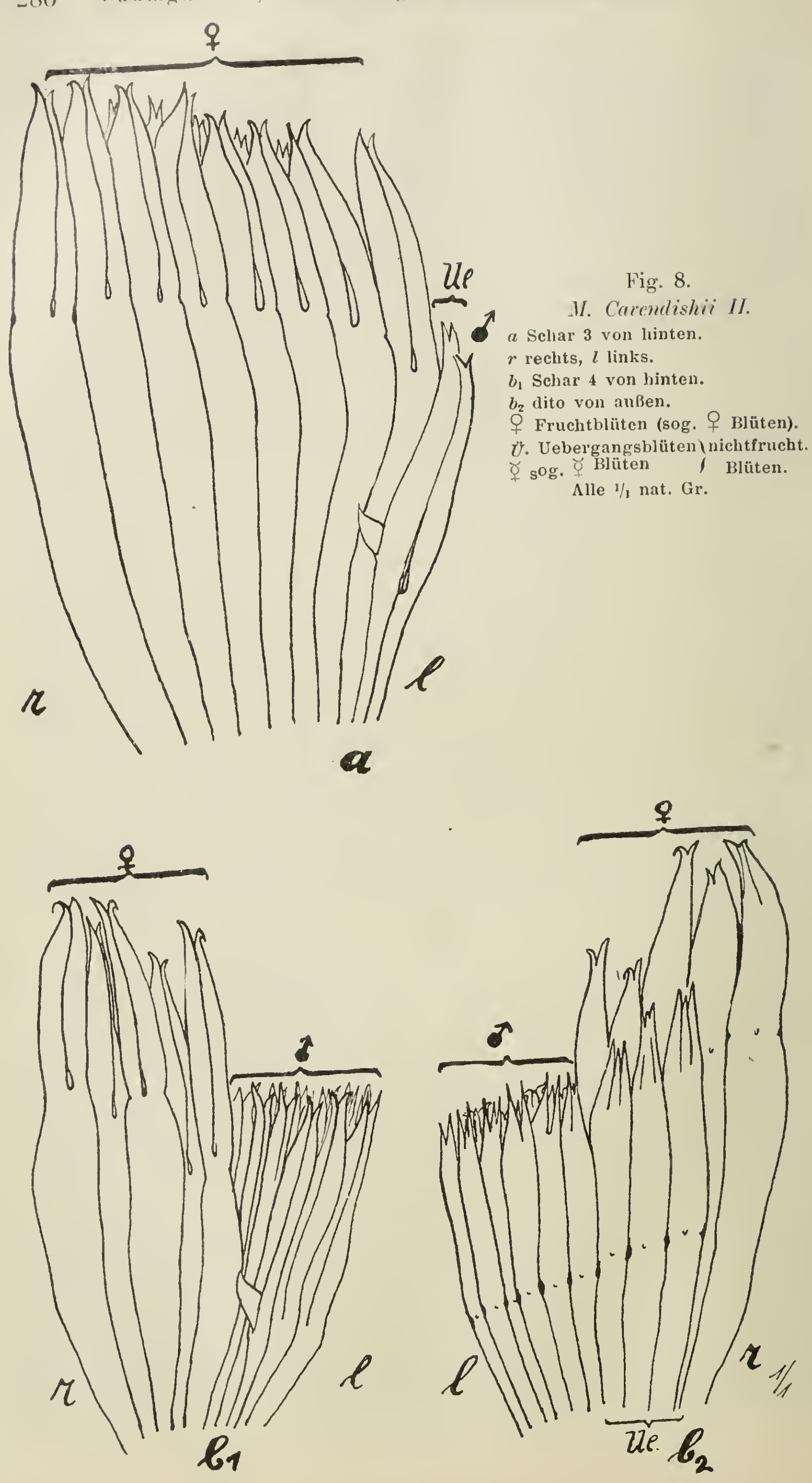


Fig. 8.
M. Cavendishii II.
a Schar 3 von hinten.
r rechts, *l* links.
b_1 Schar 4 von hinten.
b_2 dito von außen.
♀ Fruchtblüten (sog. ♀ Blüten).
Ü. Uebergangsblüten \ nichtfrucht.
☿ sog. ☿ Blüten / Blüten.
Alle $^1/_1$ nat. Gr.

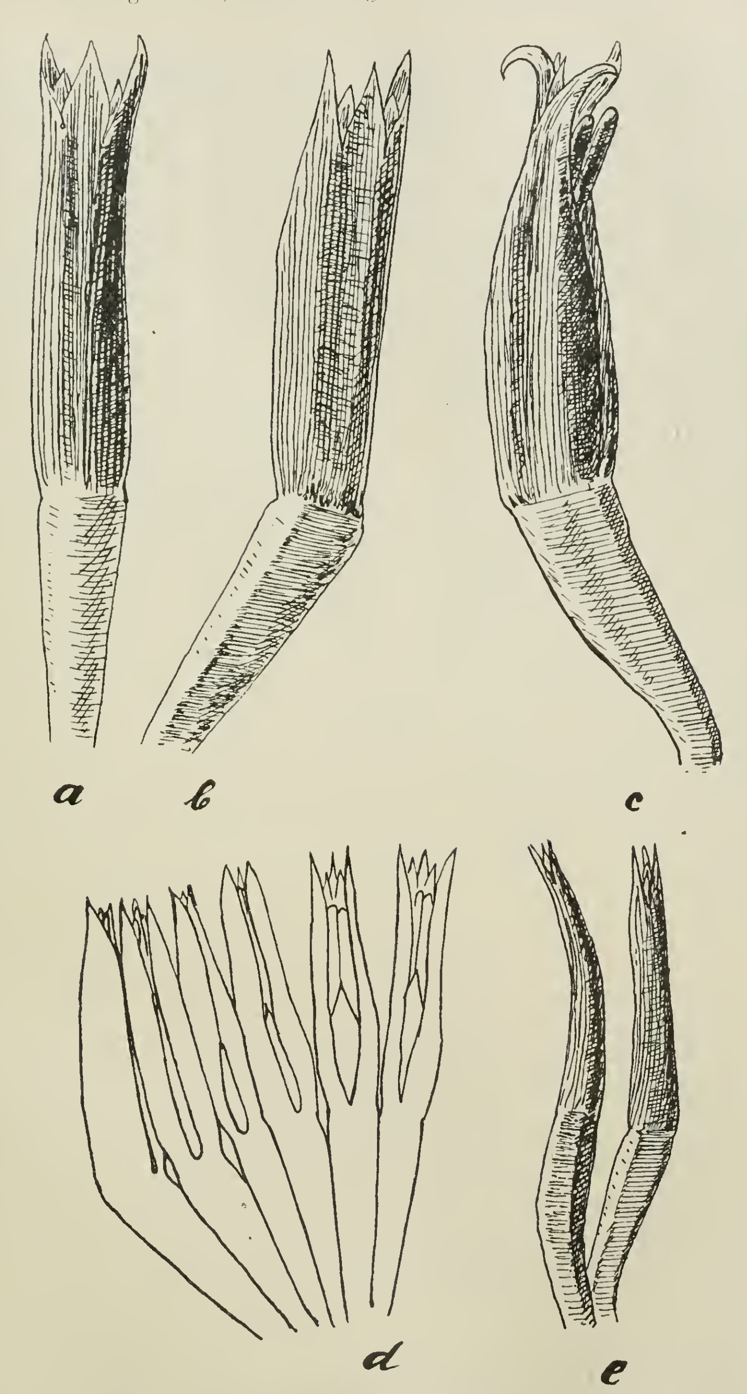


Fig. 9. *M. Cavendishii III.* Nichtfruchtende Blüten.
a Binnenblüte der Außenreihe, von vorn. *b* Randblüte rechts, von vorn. *c* Binnenblüte der Außenreihe, von rechts. *d* Rechter Flügel der Innenreihe, von hinten. *e* Je eine Blüte der Außen- und der Innenreihe, von links. *a*—*c* $1^1/_2$ nat. Gr.; *d*—*e* $^1/_1$ nat. Gr.

übrig geblieben waren. Seine Fortsetzung dürfte, nach Achsenquerschnitt, Blütenzahl und -größe, der als **Cavendishii II** zu besprechende Teil sein. Er enthielt Trugfruchtblüten (Fig. 8a, b_1, b_2, ♀), scheinbar „weibliche" (Fig. 8, *Ue*) und „neutrale" Blüten (d. h. Blüten vom Bau der nichtfruchtenden Blüten, doch mit leeren Antheren, in der Figur 8 als ♂ bezeichnet), inkl. Vegetationsspitze, war also hinsichtlich der Blütentypen weitaus am vollständigsten. **Cavendishii III** endlich war gleich II der obere Teil einer Infloreszenz, enthielt aber nur sog. „neutrale" Blüten (Fig. 9), die wesentlich kräftiger gebaut waren als bei II. Dieses Stück war das größte und besonders größer als II. An dem Umstand, daß die Brakteenbasen und Blüten weit senkrechter zur Achse standen als bei II und I, war zu erkennen, daß III wohl einer wesentlich ältern und entsprechend längern Infloreszenz angehört hatte, als I und II vermutlich zusammen bildeten. — Die in Alkohol konservierten und geschwärzten Blütenstände eigneten sich zur Untersuchung schlechter als frisches Material. Die Form bleibt zwar anscheinend besser erhalten als bei Formolkonservierung, doch werden so die feinen Spuren des Druckes der benachbarten Teile verwischt; zudem erschwert die dunkle Farbe die Untersuchung wesentlich. Bemerkenswert ist, daß auch hier wie bei *Ensete I* und *II* der Alkohol trotz etwa achtmonatigen Aufbewahrens der Infloreszenzen in dieser Flüssigkeit nicht durch die Brakteen zu der Vegetationsspitze zu gelangen vermochte, sodaß die inneren Teile ihre ursprüngliche Farbe, d. h. das Gelbweiß im Dunkeln wachsender Organe behielten. Immerhin hat der feste Abschluß nach außen die Zersetzung nicht gehemmt. Die jüngsten Teile waren zu einer halbbreiigen Masse geworden, in der zum Teil nicht einmal mehr die Zahl der einzelnen Blüten zu erkennen war, sodaß eine genaue Untersuchung der Primordien unmöglich wurde.

In diesem Jahr konnte ich auch an einer als *M. sapientum* bezeichneten Banane im Palmenhaus des botanischen Gartens der Universität Zürich (Dir. Prof. Dr. H. Schinz) einige Feststellungen machen und einzelne Blüten untersuchen. Die Pflanze steht seit mehr als 17 Jahren im Palmenbeet, treibt reichlich Ausläufer und blühte wiederholt in längeren Zwischenräumen. Über ihre Herkunft ist leider gar nichts bekannt. Nach Bakers Synopsis und Schumanns Monographie handelt es sich wohl um *Musa paradisiaca*[1]) L. subsp. *seminifera* (Lour) Bak. var. *pruinosa* King (Fig. 10), wiewohl die nicht bestäubte, im abge-

[1]) Besonders die hochgradige Verwachsung im mehrblättrigen Hüllteil veranlaßten mich, die Zugehörigkeit dieser Pflanze auch zu andern Arten zu prüfen. Es kommt hier in Betracht *M. Bakeri* mit äußerst ähnlicher Infloreszenz. Doch zeigen frische Blüten der Zürcherpflanze keine Andeutung von Hornbildung etc. Anderseits ist eine ähnlich hochgradige Verwachsung am mehrblättrigen Hüllteil, z. B. in *Plantae selectae* von Ehret, Trew und Haid, Tab. XX (= *M. paradisiaca* nach Schumann) abgebildet, sodaß die Artbestimmung wohl richtig ist. Auch die merkwürdige *Musa Hilii* steht hierin nicht hinter ihr zurück. Die auffallende Brakteenfärbung kommt aber noch andern Varietäten von *paradisiaca* zu (s. Trew und var. *oleracea* etc.).

schlossenen Warmhaus stehende Pflanze [Gesamthöhe bis Infloreszenzende, der Krümmung nach gemessen (!) 5 m], keine Samen brachte und die Früchte möglicherweise überhaupt nicht ausreiften. Ich zitiere sie als **M. paradisiaca** subsp. (Zürich).

Sie zeigt im Blatt (Fig. 10a) und Stamm durchaus den Typus von *M. paradisiaca* (subsp. *normalis*), resp. *(paradisiaca* subsp.) *sapientum.* Die Blätter sind unterseits schwach bläulich bereift, ebenso der Blattsiel. Der Blattgrund ist symmetrisch abgerundet, seltener schwach herzförmig, oder es ist — in auffallendem Gegensatz zum sonstigen Verhalten — die rechte Hälfte (vom Beschauer aus gesprochen, bei an den Scheinstamm angelegtem Blatt) ganz schwach tiefer gezogen. Verkehrter Verlauf der Grundspirale scheint aber nicht vorhanden, soweit der

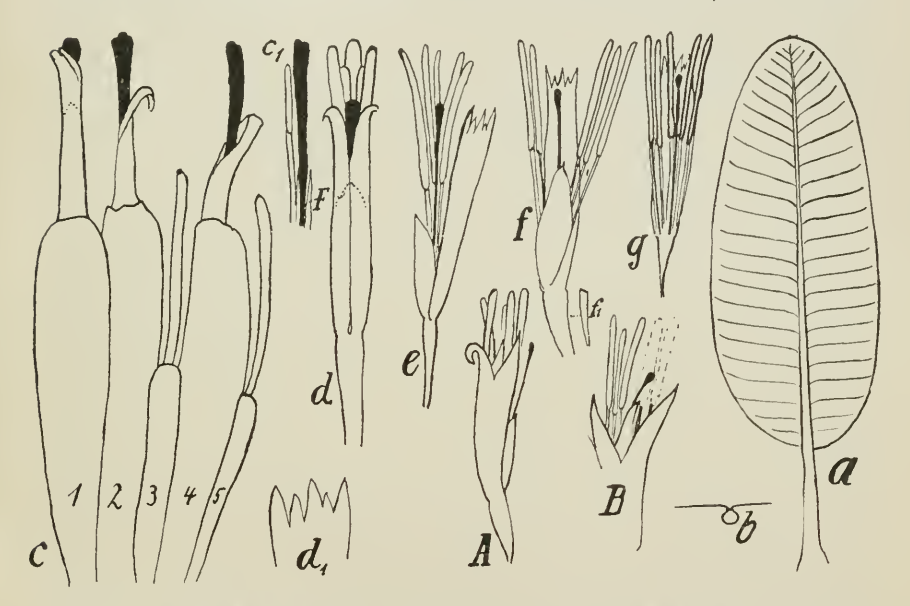


Fig. 10. *a—g*: *M. paradisiaca* subsp. Zürich. *A—B*: *M. (paradisiaca* subsp.) *sapientum* (Herb. Regel). Alle Blüten und Blütenteile in $^4/_5$ nat. Gr.

a Blatt von unten mit Schema des Verlaufes der Seitenadern. *b* Blattquerschnitt. *c* 1. Blütenschar, Anfang Herbst 1911, nach stark zersetztem Material, von innen. c_1 Sexualblätter von Blüte 1. *d* Nichtfruchtende Blüte vom Nov. 1911 nach den Maßen rekonstruiert. *e* dito vom 25. Nov. 1911, nach getrocknetem Material. *f* dito vom 24. Aug. 1912, nach getrocknetem Material, ergänzt nach den Maßen frischer Blüten. *g* dito vom 28. Sept. 1912, nach trockenem Material. — *A* u. *B* nach getrocknetem Material, unter Rekonstruktion der Lage der Organe: *A* normale Blüte mit hochgradiger Verwachsung. *B* Teile einer abnormen Blüte mit tiefer Spaltung des mehrblättrigen Hüllteiles. — Griffel stets ganz schwarz gezeichnet. *F* Filamentreste. d_1 Ende des mehrblätterigen Hüllteiles von *d*. f_1 der Fruchtknoten von *f* eingetrocknet.

welke Scheinstamm ein Urteil erlaubt. Die Ränder der Blattspreite sind schwach gebogen, nicht gerade und daher auch nicht parallel. (Bei ganz kleinem Blatt ist die Biegung eine sehr starke, bei den größten Blättern wird sie sehr klein.) Die größte Breite befindet sich ungefähr in der Mitte der Blattspreite. Die Gesamt-

form ist also elliptisch bis schwach eiförmig. Länge und Breite verhalten sich ungefähr wie ($2^1/_4$—$3^1/_2$) : 1. Wie immer, nimmt die Blattgröße von unten nach oben zu (von den Übergangsblättern ist natürlich hierbei abzusehen). Ebenso ist die Länge der obern Blätter im Vergleich zur Breite etwas größer als bei den untern und ältern Blättern, wie dies ja auch bei andern Bananen der Fall ist. Das längste erreichbare Blatt maß 1 Meter in der Länge, ein noch höheres dürfte ca. 1,20 m oder etwas mehr messen. Das oberste Blatt, das vor einiger Zeit entfernt werden mußte, maß ca. 1,75 m in die Länge und ca 50 cm in die Breite (und zeigte fast parallele Ränder). Die Länge des Blattstieles beträgt ca. $^1/_3$ der Länge der Blattspreite. Die unteren (proximalen) Seitennerven stehen fast senkrecht auf dem Mittelnerven, die obersten bilden mit ihm einen Winkel von ca. 45⁰, der nach der Blattspitze offen ist. Das beste Kennzeichen dieser Pflanze gegenüber einer später zu besprechenden, danebenstehenden, die früher als mit ihr identisch betrachtet wurde, ist bei dem sehr ähnlichen Habitus und der mit dem Wachstum gesetzmäßig schwankenden Blattausbildung das, daß die freien Ränder des Blattstieles (und ähnlich die in die Blattfläche übergehenden Ränder des Mittelnervs der Blattspreite) sich bei dieser Art dicht aneinanderlegen, so daß die über dem (Mittelnerv und) Stiel der Bananenblätter verlaufende Rinne hier geschlossen (Fig. 10b), resp. ohne Gewalt nicht sichtbar ist. Der Scheinstamm (vom Boden bis zur Stelle, wo das oberste der großen Blätter abzweigt, gemessen) hat eine Länge von ca. 3.70 m. Sein Durchmesser betrug am Boden 16 cm, in 1 m Höhe noch 10 cm. Die Zahl der alten Scheidenreste, die den unteren Teil des Scheinstammes bilden, ist offensichtlich eine kleinere als bei *Ensete* (nicht unter 15), womit wohl auch sein schlanker Bau zusammenhängt. Die Scheidenreste zeigen keine Spur von Rötung, sondern sind bräunlichgrau etc. und zeigen Tendenz zum Zerfall in lange Fasern.

Die weit herunterhängende Infloreszenz (wie Fig. 5c) mißt von der untersten Frucht bis zum obersten Ende reichlich 1.20 m, ohne noch das Wachstumsende erreicht zu haben (nach 17 monatiger Blütezeit!). Die Früchte waren in der ersten Schar 5,8—6,5 cm lang und bildeten zwei undeutliche Reihen. Neben ihnen fanden sich als Blüte 3 und 5 noch zwei kleinere Blüten mit rudimentärem Fruchtknoten (s. Fig. 10c) von nur 3,7 und 3,1 cm Fruchtknotenlänge. Auch die nächstfolgende um 3 cm höher inserierte Schar zeigte noch Fruchtblüten. Doch konnte Zahl und Länge bisher nicht festgestellt werden. Die Früchte zeigten gegenseitige Abflachung durch Druck. Charakteristischer Weise bleiben alle epithalamen Teile an der Frucht und welken mit ihr. Die Brakteen der Fruchtscharen waren im Gegensatz zu denen der folgenden Scharen abgefallen. — Die erste nichtfruchtende Schar fand ich $1^1/_2$ cm über der vorhergehenden. Ihre Blüten zeigen ein Podium (fehlt den Fruchtblüten und späteren nichtfruchtenden Blüten?). Die folgenden Scharen zeigen nur ein Internodium von je 1 cm, später nur von $^1/_2$ cm und weniger. Die Brakteen waren nur

am unteren Ende auf eine Länge von ca. 30 cm persistent und maßen ganz welk 15 cm in die Länge und ausgebreitet ca. 7 cm in die Breite. Auch ihre Blüten sind noch — wenigstens teilweise — an der Achse. Im folgenden Teil fielen Brakteen und Blüten ab, nachdem sie freilich z. T. lange welk an der Achse gehangen hatten, so daß der Anblick der Infloreszenz im Laufe der Zeit in diesem systematisch wichtigen Merkmal ebenfalls wechselt. Erst gegen das Ende zu fallen zuerst die frischen Blüten, dann auch die Brakteen ab. Die Infloreszenzkolbenlänge betrug nach wenigstens 6 Monate langer Blütezeit immer noch ca. 20 cm. Die Länge frischer Brakteen nichtfruchtender Scharen betrug an der schon ziemlich alten Infloreszenz 17 $^1/_2$ cm. Ihre größte Breite findet sich etwas unterhalb der Mitte und beträgt 8 $^1/_2$ cm; mehr als $^1/_4$ Jahr später (bei nur sehr geringem Wachstum der Infloreszenz) waren die Maße 12$^1/_2$ und 5$^1/_2$ cm bei einer Kolbenlänge von 14$^1/_2$ cm. Die Brakteen sind saftig, Oberfläche und Inneres dunkel violettrot bis violettpurpurn, die Außenseite ist mit einer dicken blauen Wachsschicht überzogen.

Die zuerst untersuchten nichtfruchtenden Blüten zeigten relativ gute Übereinstimmung mit einigen als „**M. sapientum** Herb. Regel Hg $^{35}/_7$" (d. h. Horto Goettingensi 1835. Juli) (Fig. 10 a) bezeichneten isolierten Bananenblüten im Herbarium generale der Eidg. Technischen Hochschule. — Die Fruchtknoten sind 20 mm lang, oben 4—5, unten 2 mm breit. Die Länge des mehrblättrigen Hüllteils betrug ca. 41—43 mm, die des medianen Kronenblatts 27—29 mm, die des Griffels nur 39, die der Staubblätter dagegen 47—51 mm, bei stets 23—24 mm langer Anthere. Die Spitzen der letztern überragen die andern Blütenteile. Griffel ca. 1 mm dick, an der Narbe 2 mm. Filamente der äußern Staubblätter 2$^1/_2$, der innern 1$^1/_2$ mm breit. Medianes Kronblatt 15 mm breit. Honig reichlich, süß, ohne Nachgeschmack. Pollen weiß, ca. $^1/_{12}$ mm Durchmesser, Fruchtknoten und mehrblättriger Hüllteil rötlich, letzterer aber im oberen Drittel gelb wie die Antheren, Filament weiß. Einige Zeit später zeigten die Blüten schon deutliche Reduktionen, am wenigsten das mediane Kronblatt, das noch 22—23 mm maß mit 1 mm langer Spitze und ca. 16 mm Breite). Länge des mehrblätterigen Hüllteils 37 mm. Antherenlänge 20 mm, Filamentlänge 24 mm. Griffel 32—34 mm lang, nach oben sehr verjüngt. Die freien Teile des Kelchblattes zeigten auffallenderweise nur noch 4$^1/_2$ mm Länge, im Gegensatz zu den erst untersuchten, wo der freie Teil ca. $^1/_5$ der Länge des äußeren Hüllteiles erreicht hatte. Nach Verlauf eines weiteren Monats war die Reduktion noch weiter vorgeschritten, wieder relativ weit stärker als am Tragblatt. Es betrug die Griffellänge 30, Fruchtknotenlänge 10 (bei starker Breitenreduktion), Staubblätter 38, Antherenlänge 18, Länge des mehrblätterigen Hüllteiles 33 mm, wovon nur noch ca. 3 mm auf die freien Kelchteile fielen. — Besonders auffallend war neben dieser Zunahme in der Verwachsungsintensität eine Änderung der Brakteenstellung, indem aus der üblichen Dreierzeile kreuzgegenständige Stellung wurde, die nun wieder in eine

noch einfachere überzugehen scheint! Zudem waren die Blütenscharen schon lange einreihig geworden und enthielten nur noch 2—3 Blüten.

Schon Ende Dezember 1909 hatte mir Herr Prof. Schröter

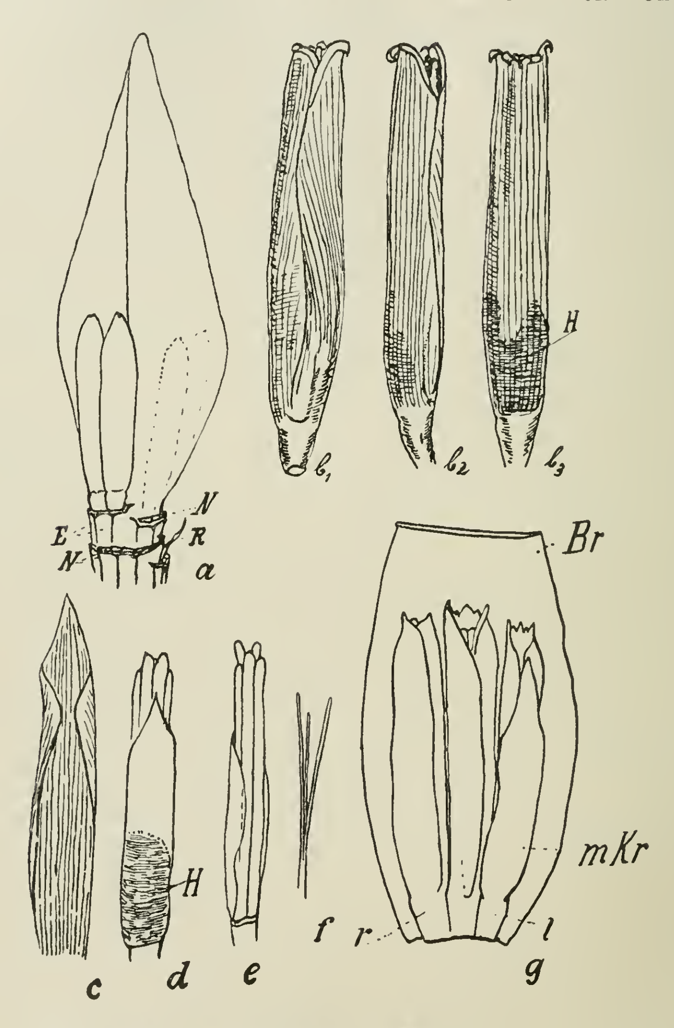


Fig. 11. *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*) I. Infloreszenz.

a Infloreszenzknospe mit Blütenknospen, Blütenrudiment (*R*), Blüten- u. Brakteennarben (*N*) und Eindrücken der Blüten an der Infloreszenzachse (*E*), $^5/_6$ nat. Gr. *b* Nichtfruchtende Blüten: b_1 von hinten, b_2 von der Seite, b_3 von vorn, $1^1/_4$ nat. Gr. *c* Medianes Kronblatt von innen, $1^1/_4$ nat. Gr. *d* Blüte ohne verwachsenblätterigen Hüllteil, von hinten, mit durchscheinendem Honig (*H*), $^5/_6$ nat. Gr. *e* dito, etwas von der Seite. *f* Griffel von hinten, $^5/_6$ nat. Gr. *g* Blütenschar 68 mit $^2/_3$ des Tragblattes, von hinten. *r* rechte, *l* linke Blüte, $^1/_1$ nat. Gr.

eine Infloreszenz (Fig. 11) von der obenerwähnten Bananengruppe im Palmenhaus übergeben. Eine zweite große Infloreszenz gleicher

Art (Fig. 12)[1]) von einem anderen Schößling übersandte mir Herr Prof. Dr. H. Schinz auf meine Bitte gegen Ende Februar 1910. Die Untersuchung ergab zur nicht geringen Überraschung, daß es sich dabei im Gegensatz zur vorhin erwähnten nicht um *Eumuseen*,

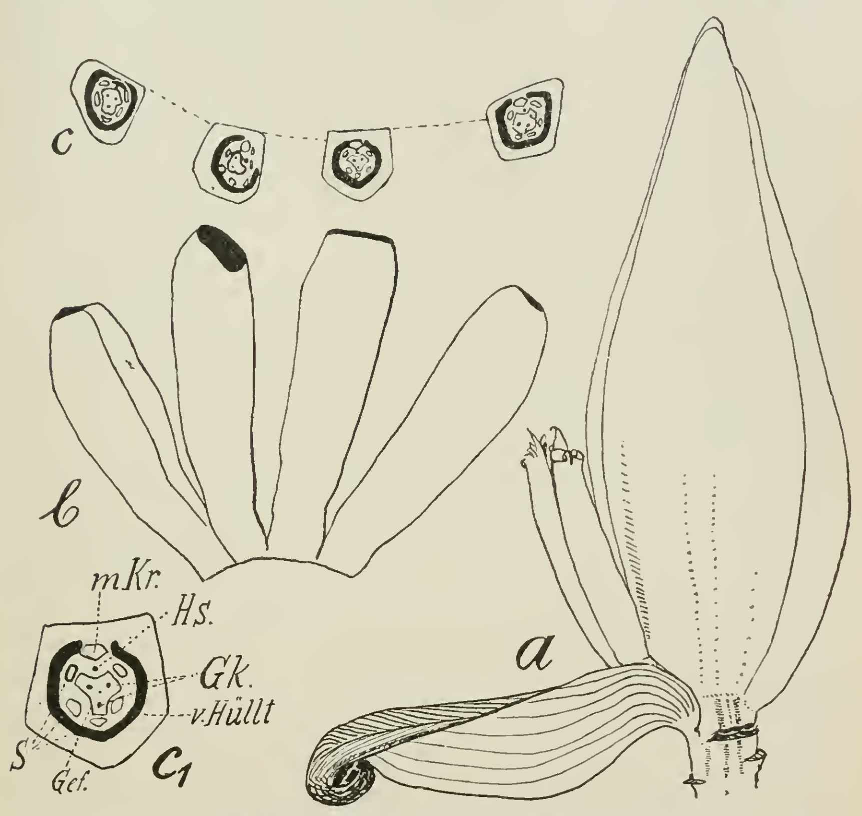


Fig. 12. *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*) II. Infl.

a Infloreszenzkolben mit abfallendem, eingerolltem Tragblatt und geöffneten nichtfruchtenden Blüten. An Achse und geschlossenen Brakteen sind die Eindrücke von Blüten sichtbar, $^{5}/_{6}$ nat. Gr. *b* Früchte aus Schar IV von außen, $^{5}/_{6}$ nat. Gr. *c* Blütenboden derselben Früchte in natürlicher Stellung mit den Narben der epithalamen Blatteile, $^{5}/_{6}$ nat. Gr. *c* dito, vergrößert, zur Erklärung von *c*. *Gef.* Gefäßspuren im Griffel, *Gk.* Griffelkanal, *Hs.* Honigspalte, *m. Kr.* medianes Kronblatt, *S.* Staubblätter, *v. Hüllt.* verwachsenblätteriger Hüllteil.

sondern um *Rhodochlamydeen*[2]) handelte, so daß also die scheinbar einheitliche Gruppe nicht nur zwei Arten, sondern Vertreter zweier

---

[1]) Infloreszenz und rechte Hälfte von Fig. 5 a stellen die Infl. I, resp. den Habitus dieser Pflanze dar. Fig. 5 b gibt Infl. II wieder. Die spezifischen Besonderheiten des Laubblattes sind dabei nicht berücksichtigt.

[2]) Der Name ist leider sehr irreführend. Die Blütenhülle — und das wird ja sonst mit „Chlamys" bezeichnet — ist bei diesem Subgenus nie rot, sondern stets gelb, resp. grünlichgelb oder weißlich. Dagegen zeigen die Tragblätter fast stets irgend eine auffallende Nuance von Rot und sind deshalb für das Subgenus recht charakteristisch. Bei den anderen Bananen sind sie grün oder unscheinbar trübrot mit sehr wenigen Ausnahmen.

Subgenera umfaßt. Die Infloreszenzen und Pflanzen stimmten aber mit keiner Beschreibung — weder von Schumann noch von Baker überein und erst recht nicht mit ausführlichen Originalbeschreibungen, so daß eine sichere Bestimmung der Art bisher unmöglich war. Der Gedanke, es könnte sich um eine noch unbekannte Art handeln, hat trotzdem wenig Wahrscheinlichkeit in sich, da einerseits ein und dieselbe Infloreszenz im Laufe der Zeit in einem wichtigen systematischen Merkmal (Farbe der Brakteen) in auffallendem Maße (von weinrot bis weiß) variierte und die Laubblätter bei genauer Beobachtung eine Andeutung eines entsprechenden Farbwechsels (erste Laubblätter hie und da unterseits mit rötlichen Stellen, später keine Rotfärbung) zeigen. Ferner zeichnen sich die Blüten durch eine Reihe sonst seltener oder überhaupt nicht zu findender Abnormitäten aus, wie Reduktion der Zahl der Organe, Synanthien, und vor allem Stellung wenigstens eines, seltener aller Kronblätter mit einer Seite oder ganz außerhalb der Kelchblätter und Verharren des Griffels der nichtfruchtenden Blüte auf einer ontogenetisch frühen Stufe, wie sie sonst bei der fertigen Bananenblüte meines Wissens nie konstatiert wurde. Anderseits ist die große Reaktionsfähigkeit der Bananen auf äußere Einflüsse, sei es mit oder ohne Zutun des Menschen (siehe die zahlreichen Angaben von Sagot u. a., auch Crüger) bekannt. In diesem Sinne ist auch zu beachten, daß z. B. die Griffelform normalerweise variiert, und daß er nach Wittmack bei sehr alten Infloreszenzen von *M. Ensete* ebenfalls starke Verkümmerung zeigt, wenn auch in etwas anderer Weise. Auch die Änderungen an der eben beschriebenen, daneben wachsenden *M. parad.* subsp. Zürich sind in diesem Zusammenhange sehr bemerkenswert. Ich bin daher der Ansicht, daß die gegenwärtigen Wachstumsverhältnisse die Pflanze außerordentlich stark beeinflußten und zwar leider gerade bei systematisch verwerteten Merkmalen. Die sorgfältige Beobachtung der Pflanze, vor allem späterer Infloreszenzen, dürfte wohl auf den richtigen Weg führen. Ich nenne die Pflanzen bis auf weiteres **Zürcher Rhodochlamydeen, resp. Zürcherbanane** und füge eine ausführlichere Beschreibung später an.

Ich vermute immerhin, nachdem ich alle mir erreichbaren Originalbeschreibungen von *Rhodochlamydeen* mehrfach wegen dieser Pflanze durchgesehen habe, daß es sich um *Musa rosacea* handle. Die Pflanze zeigt nicht nur ihre Gesamtproportionen und die für die Bananen seltene Form des Öffnens der Brakteen durch Aufrollen der Spitze (Fig. 12 a), ähnlich wie bei gefüllten Rosen (daher — und nicht von der Farbe — soll der Name *rosacea* genommen worden sein!), sondern sie zeigt vor allem eine ganz frappante Asymmetrie des Blattgrundes, die sehr derjenigen in der Abb. von *M. rosacea* in the botanical Register IX, 1823, t. 706 gleicht. (Leider fehlen überall entsprechende Notizen, wie überhaupt das Blatt, vielleicht wegen den schon erwähnten Änderungen im Wachstum, viel zu wenig systematisch verwertet wurde.) Freilich ist in der Abbildung die Asymmetrie nicht so gesetzmäßig. Auch das für das bot.

Reg. benutzte Exemplar blühte übrigens im Winter. Gegen die Zugehörigkeit zu dieser Art sprechen freilich die absoluten Dimensionen der Zürcherpflanze. Da aber einerseits die Bananen, besonders aber auch die kultivierten, große Differenzen zeigen sowohl in Stamm- als Blattdimensionen und da die Beschreibungen von *M. rosacea* sich in erster Linie auf kultivierte Exemplare beziehen — sie ist ja eine der zuerst in Europa eingeführten — so ist nicht ausgeschlossen, daß die Dimensionen eben zu klein angegeben sind, resp. daß das Zürcher Exemplar, das in einem großen Beet und nicht im Topf steht und seit, wie gesagt, unbekannten Zeiten ungestört wächst, dem ursprünglichen Zustand hierin näher kommt als es üblich ist.

Nahe liegt es auch, an *M. sumatrana* mit ihren für eine *Rhodochlamydee* gewaltigen Blättern zu denken, zumal dieselben ebenfalls den so auffallenden asymmetrischen Blattgrund haben. Ja derselbe tritt, wie ein junges, noch nicht einen Meter hohes, im Topf gezogenes Exemplar hier zeigt, bei ihr sogar früher auf, als bei der in Frage stehenden Form. *M. sumatrana*, die freilich wesentlich kühler gestellt ist, zeigt nun aber ausgesprochene Rotfärbung und dürfte also schon deswegen eine andere Art darstellen, ganz abgesehen von den gestielten Früchten, dem relativ kurzen Blattstiel der Beschreibungen etc., die mit den betreffenden Teilen der in Frage stehenden Pflanze durchaus nicht stimmen. Solange mir die Veränderlichkeit der Pflanze und der Banane überhaupt weniger bekannt war, glaubte ich auf Grund von Schumanns Beschreibung im Zürcher Exemplar *M. violascens* erkennen zu müssen. Die Originalbeschreibung schließt diese Zuteilung aber aus (nichtfruchtende Blüten weiß, hier dottergelb, Infloreszenzachse „lanugine fulva tecta", hier durchaus nackt etc.). *M. Manii*, die mit Pollen von *M. rosacea* nach Watson (nach Bot. Mag. 7311) reife Früchte, aber ohne keimfähige Samen bringt, zeigt eine besonders große Übereinstimmung mit der in Frage stehenden Pflanze. Ich sehe sie aber doch als durchaus verschieden an wegen der relativ großen Länge (= $^5/_4$ Scheinstammhöhe) der hängenden Blattspreite, die zudem etwa 4 mal so lang ist als der Stiel. Die übrigen Arten fallen trotz z. T. großer Ähnlichkeit wegen der ganz abweichenden Brakteen- oder Blütenfarbe oder -dimensionen außer Betracht.

Scheint auch bei dieser Prüfung nur *M. rosacea* in Betracht zu kommen, da alle andern Arten in konstanteren Merkmalen als es die absoluten Maße sind, mehr abweichen, so muß doch noch einmal betont werden, daß die *Zürcher Rhodochlamydee* auch in manchem von den Diagnosen von *M. rosacea* abweicht, so sehr abweicht, daß es z. B. bei Benutzung von Schumann von vorn herein ausgeschlossen erscheint, daß sie zu *rosacea* gehört. Schumann gibt nämlich im Schlüssel als einziges Merkmal: folia subtus rubra. Von solcher Färbung war aber nur bei ganz jungen Blättern und auch nur kurze Zeit ein recht schwacher Schimmer zu bemerken. Der Blattnerv freilich zeigte in der proximalen Hälfte unterseits deutliche Rotfärbung. Die später zu besprechende Veränderung der Brakteenfarbe (Wechsel von Rot bis Weiß und wieder zu Rot) an einer und derselben Infloreszenz in demselben Winter dürfte aber darauf hinweisen, daß auf dieses Merkmal weniger Wert gelegt werden darf, als es gewöhnlich geschieht. Eben daraufhin weist die ebenfalls inkonstante Rotfärbung nicht nur der Brakteen, sondern auch der Laubblätter anderer Arten; so zeigt z. B. *M. Ensete* oft auch an der Mittelrippe keine

Spur derselben, sowohl an ganzen Individuen als an einzelnen Blättern sonst gefärbter Exemplare!

Wegen der Unsicherheit der Artbestimmung lasse ich eine ausführliche Beschreibung folgen. Zum Vergleiche füge ich gelegentlich die Proportionen, resp. absoluten Maße für *M. rosacea* an. Als Grundlage dient mir dabei in erster Linie die erwähnte Abbildung im bot. Reg., IV. 1823 t. 706. Eine Zeichnung gibt eben über manches besser Aufschluß als eine Beschreibung, besonders, wenn sie so kurz sind, wie es bei den Bananen meist der Fall ist und die Variation gar nicht berücksichtigen.

Die Totalhöhe des größten Exemplars, vom Boden bis zur Infloreszenzspitze — im oberen Teil der Krümmung nach gemessen — betrug wenigstens 4,5 m. Die Spitze befand sich dabei wenigstens 4 m über dem Boden (genaue Messungen sind nicht möglich gewesen, da wegen der umstehenden Pflanzen die Leiter nicht entsprechend gestellt werden konnte). Bei dem größten jetzigen, aber noch nicht blühenden Stöcken hat der ganz aufrechte Scheinstamm (vom Boden bis zur Stelle, wo die Stiele der scheinbar obersten, aber nahe am Boden inserierten Blätter nach außen abzustehen beginnen) eine Höhe von 2,4 m bei einem Basisdurchmesser von 14 cm am Boden und ca. 7,5 cm in 1 m Höhe. Den unteren Teil des Scheinstammes bilden 6 eng anliegende Scheiden, z. T. mit Blattstielresten. Sie sind in frischem Zustande grün und teilweise trübrot überlaufen, in welkem Zustande zeigen sich lange grobe Fasern. Der obere Teil des Scheinstammes trägt eine Krone von 7 Blättern, die ziemlich dicht beisammen beginnen. Die Stiele werden um so länger, je weiter innen, resp. scheinbar oben das Blatt steht. (Das innerste noch nicht ausgewachsene Blatt macht jeweils eine Ausnahme, so lange es nicht ausgewachsen ist.) Am jetzigen besten Exemplar fand ich für Spreitenlänge, -breite und Stiellänge an drei größten Blättern die Zahlen 150 : 36 : 60 cm, resp. 169 : 35 : 70 cm, resp. 180 : 45 : 80 cm. An einem blühenden Exemplar, das aber nicht genau vermessen werden konnte, fanden sich Blätter von wohl sicher 2 m Länge und 50 cm Breite. Es verhält sich also Blattspreitenlänge : größte Breite : Stiellänge wie ca. (4—5) : 1 : (1,7—2), wobei die Länge des Stieles gleich $^2/_5$ der Blattspreite beträgt. Erst bei wesentlich jüngeren Blättern (Spreitenlänge ca. 50 cm oder weniger) ändern sich die Proportionen wesentlich mit Ausnahme der Stiellänge, die schon früher stärker sinkt. Blätter von 52, 33 und 16 cm Spreitenlänge zeigen, z. B. noch Proportionen von 3,9 : 1 : 1,3 resp. 3,6 : 1 : 0,8 resp. 3,55 : 1 : $^2/_3$. Es nehmen also nach oben (resp. mit dem Alter?) Spreiten- und Stiellänge stärker zu als die Spreitenbreite. Die Spreite zeigt, wie meist bei den Bananen, Asymmetrie, insofern als auch hier die eine Hälfte breiter ist, und zwar ist die linke Hälfte schon bei nur ca. 20 cm langen Blättern bis 1 cm breiter. Die größte Differenz, die ich fand, betrug 3 cm, meist beträgt sie aber nur $1^1/_2$ cm. Die Maximalbreiten der beiden Hälften sind übrigens auch nicht in gleicher Höhe. Links ist sie dem Blattgrunde näher (ca. in $^1/_3$ der Spreitenlänge, rechts liegt sie distaler, etwas vor

der Mitte, Fig. 13a). Die Blattspirale läuft von rechts über die Mitte vorn nach links, also im Sinne des Uhrzeigers, sodaß diese Asymmetrie wie bei den Kannazeen hierin eine einfache Erklärung findet, indem der rechte Teil eines Blattes vom linken des nächstältern selbstverständlich mehr gehemmt wird als der linke Teil des betreffenden Blattes von einem jüngeren Blatte gehemmt werden kann. Die ersten resp. älteren Blätter (Fig. 13b), die sich freier, nicht im geschlossenen Scheinstamm entwickeln, sind wohl auch deswegen symmetrischer. Sie zeigen ferner eine gleichmäßige Verjüngung nach der Basis, wie dies für die *Physokaulideen* die Regel ist. Bei 70 cm Spreitenlänge erst fand ich insofern eine Abweichung hiervon, als die Basis der linken Spreite 2 cm breiter war. Erst bei ca. 90 cm langer Spreite (freilich wie der relativ kurze Stiel zeigte, an einem nicht ausgewachsenen Blatte)

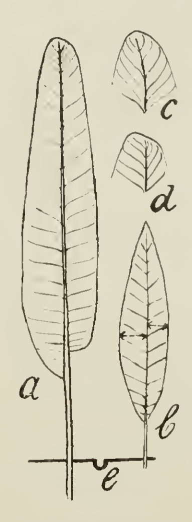


Fig. 13. *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*).
a Blatt von ca. 1 m Länge. *b* Blatt von 42 cm Spreitenlänge. *c* u. *d* Spreitenenden, alle 4 von der Unterseite gesehen mit Einzeichnung der Richtung der Seitennerven. *e* Blattquerschnitt.

reichte die linke Spreite tiefer (um 2 cm). Beim fertigen Blatt reicht sie durchschnittlich 7 cm tiefer. Die Asymmetrie ist umso auffallender, als in der unteren Spreitenhälfte die Ränder fast parallel laufen, d. h. nur wenig nach der Basis konvergieren (Fig. 13a). Der rechte Rand biegt dann plötzlich um, und erreicht sehr rasch die Mittelrippe. Der Rand der linken Spreite verläuft noch etwas weiter geradeaus und wendet sich dann in gleichmäßiger Krümmung resp. unter einem Winkel von ca. 45° dem Blattstiel zu. Diese Asymmetrie des Blattgrundes war übrigens schon längere Zeit Herrn Obergärtner Brütsch aufgefallen, der daraufhin auch die Vermutung aufbaute, die Exemplare des Palmenhauses dürften 2 verschiedenen Arten angehören. *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) besitzt nämlich fast streng symme-

trischen und fast halbkreisförmigen Blattgrund (Fig 10a). Ein vielleicht noch vereinzelteres Verhalten (die Asymmetrie des Blattgrundes zeigen auch *M. sumatrana* und *M. basjoo*) ist die Asymmetrie der Blattspitze bei der großen *Zürcher Rhodochlamydee*. Auch sie findet sich erst bei Blättern von wenigstens ca. 1/2 m Länge. Die Spitze erscheint abgestoßen. Das Ende des Mittelnerven wendet sich oft nach links (Fig. 13c), also wieder nach der Seite, wo die jüngeren Organe stehen und von der Seite weg, wo ältere Organe das Wachstum hemmen durch Vorwegnehmen des Raumes! Die letzten Seitennerven sind infolgedessen nicht mehr symmetrisch zum Mittelnerven gelagert, links bilden sie einen spitzen, rechts einen stumpfen Winkel mit ihr. Seltener scheint die Mittelrippe gerade zu bleiben bis ans Ende (Fig. 13d); dann bilden die Seitenrippen rechts den kleineren Winkel und ihre Enden sind der Mittelrippe besonders auffallend zugebogen. Die Seitenrippen links stehen dagegen stark seitlich ab (ca. 60°) und ihre Enden sind der Mittelrippe nicht zugebogen. Die ganze linke Spreite verlängert sich über das Ende der Mittelrippe hinaus, während die rechte Spreitenhälfte zurückbleibt. Das Ende scheint also schräg abgeschnitten, und zwar wieder unter dem Einfluß desselben mechanischen Gesetzes wie sonst. Im übrigen sind die Seitennerven symmetrisch angeordnet, zeigen aber nach Blatteil und Blattstellung gesetzmäßige Verschiedenheiten. Beim jüngeren resp. unteren Blatt (Fig. 13b) erinnern sie an den bei den *Physokaulideen* allgemeinen Typus (dasselbe ist übrigens auch der Fall für *M. sumatrana* und *sanguinea* nach den hiesigen jüngeren Exemplaren. Nach Abbildungen zu urteilen, findet sich diese Eigentümlichkeit auch bei anderen Arten): die Seitennerven gehen unter ziemlich spitzen Winkeln von der Mittelrippe ab, immerhin so, daß der Winkel größer ist an der Basis der Spreite als an ihrer Spitze und in der Gegend der größten Breite wieder größer als an der Basis, d. h. er nimmt ungefähr mit der Blattbreite zu. An den großen letzten Laubblättern (Fig. 13a) sind die Winkel ausnahmslos viel stumpfer und nähern sich an der Basis immer mehr einem Rechten. Sie sind also nur am distalen Spreitenende ziemlich spitz, dagegen ziemlich gleich (ca. 70°) auf dem größten Teil der Spreite und fast 1 R an der Basis. Da, wie schon mitgeteilt, das basale Ende anfangs ebenso zugespitzt ist wie das distale, also hier offenbar das nachträgliche Wachstum stärker ist als in der Spreitenmitte, die ja schließlich nur noch wenig breiter wird, ergibt sich als Gesamteindruck, daß der Winkel bedingt sei von der Wachstumsintensität resp. durch die Hauptwachstumsrichtung jeder einzelnen Stelle.

Die Abbildungen im Bot. Reg. zeigen, wie erwähnt, dieselbe Asymmetrie des Blattgrundes, es stimmt auch der Einzelverlauf der linken und rechten Seite, abgesehen davon, daß die Blätter und auch der Blattgrund gestreckter gezeichnet sind, was ja wohl auf Kosten der notwendigen perspektivischen Verkürzung gesetzt werden darf. Wie bei den Zürcherexemplaren sind die Ränder im proximalen Teil fast parallel und ungefähr von der Mitte ab schwach konvergent, sodaß nahe der Spitze die Breite noch ca. 1/2 so groß ist

als in der Mitte. Für Blattdimensionen ergibt sich — auf dem Papier gemessen — als Verhältnis von Länge zu Breite max. 7 : 1, was unter Berücksichtigung der perspektivischen Verhältnisse etwa (5—6) : 1 ergibt. Schumann führt an: folia lineari-oblonga metralia vix 30 cm lata; ähnlich Baker, sodaß die konstatierten Proportionen zwischen den Angaben beider und den ungefähren Werten der Zeichnung stehen. Die Stiellänge beträgt in der Zeichnung $^4/_7$ der Spreitenlänge, ist also größer als an den Zücherexemplaren. Die zitierten Autoren begnügen sich mit dem Ausdruck „lang". Im Gegensatz zu den Abbildungen anderer Arten stimmt das Verhältnis von Blattspreitenlänge zu Scheinstammhöhe nahe überein. Es beträgt ungefähr 1 : $1^1/_2$. Der abgebildete Stamm zeigt ferner eine Krone von 5 (Zürcherexemplar 4—7) Blättern und ebenfalls nur wenige Scheiden am Scheinstamm.

Die Blätter waren schwach bläulich bereift, nur die basale Hälfte des Mittelnerves auf der Unterseite war rötlich gefärbt. An den ersten Blättern zeigt sich ausnahmsweise und vorübergehend eine ganz schwache Rotfärbung der Unterseite der Spreite, die manchmal noch deutlicher war am Spreitenrande. Der Mittelnerv bildet eine tiefe, aber in der ganzen Spreitenlänge offene Rinne an Blättern aller Stadien (Fig. 14e) im Gegensatz zur danebenstehenden *M. paradisiaca* subsp. (Zürich). (Fig. 10b.)

Die Zugehörigkeit der fraglichen Zürcherbanane zu den *Rhodochlamydeen* ergibt sich nach den bisherigen Diagnosen ohne weiteres daraus, daß alle ihre Blütenscharen ausnahmslos einreihig sind (während sie bei den andern Subgenera, den *Eumuseen* und *Physokaulideen*, nach Schumann und Baker zweireihig sind). Bei der Zürcherbanane fanden sich ferner charakteristischerweise in den wenigen (4—5) Fruchtscharen je 3—5 Blüten, in den unteren nichtfruchtenden Scharen 4—6, in den folgenden vorwiegend 3, dann 2 Blüten und am Vegetationskegel der älteren Infloreszenz sogar nur je eine Blüte pro Schar. Die oval lanzettlichen Brakteen fallen mit der nichtfruchtenden Blüte ab. Die Infloreszenz, die lange Zeit aufrecht in die Luft ragt (Fig. 5a) und erst nach und nach nach Erreichung ziemlicher Länge durch Weichwerden der Achse sich mit der Spitze nach der Seite zu neigen beginnt (Fig. 5b), besteht daher aus einem unteren Teil mit den wenigen, gespreizt in die Luft starrenden Früchten (s. Fig. 5a und b), die alle epithalamen Teile abgeworfen haben und an deren Basis sich die Narbe des Tragblattes findet, aus einem zweiten ± gestreckten Teil, der nach oben immer dichter von den Narben abgefallener Brakteen und nichtfruchtender Blütenscharen bedeckt ist und aus einem dritten Teil am oberen Ende, dem geschlossenen Infloreszenzkolben, dessen unterstes Tragblatt gegebenenfalls ± weit absteht und die Blüten sichtbar werden läßt (Fig. 12a). Der Infloreszenzkolben mißt 10,5 cm, sein größter Durchmesser 3,4 cm (der darauf senkrecht stehende 3,2). Die Länge der Brakteen betrug 10 cm. (Immerhin ist zu beachten, daß die Länge der Brakteen in der Regel nach dem Infloreszenzende etwas abnimmt, daß die Zahlen für die untern Scharen, von denen ich nur die Narben sah, also etwas,

wenn auch nicht viel größer sein dürften!)[1]) Die Brakteen der 1. Infloreszenz waren — was bei *Eumuseen* und *Physokaulideen* ausgeschlossen ist — rein weiß, nur mit etwas Gelb an der Spitze. Die zweite zeigte jedoch neben der dottergelben Spitze (die Gelbfärbung in der Hauptsache nur auf ca. 3 mm hohem Dreieck, nach unten rasch abnehmend) im Februar, als sie mir übersandt wurde, eine blaß weinrote Färbung der Brakteen, während dieselbe Pflanze um die Jahreswende ebenso weiße Tragblätter aufgewiesen hatte wie die erst untersuchte. Anfang Winter war dagegen die Färbung nach freundlicher Mitteilung des Obergärtners ein ähnliches Rot gewesen wie zur Zeit der Untersuchung. Ich vermute, daß dieser zweimalige Wechsel der Farbe — der umso auffälliger ist, als er die Braktee betrifft — mit dem Wechsel in der Belichtung zusammenhängt, da die Lichtfülle im Herbst und im Februar wesentlich größer war als in dem wolken- und schneereichen Dezember 1909/10. Schwankungen von Feuchtigkeit und Temperatur kommen, da die Pflanze ja stets im Gewächshaus steht, nicht in Betracht. Übrigens waren die untersuchten Brakteen der 2. Infloreszenz nicht gleichmäßig rot gefärbt. Am intensivsten, mit einem Stich ins Violette, ist der Rand, ca. $^1/_2$ cm breit, gefärbt. Nach innen und besonders nach der Basis ist die Färbung heller. Die Basis selbst und ein dünner Streif in der Mitte waren weiß. Am lebhaftesten ist, sowohl für Rot als für Gelb, die Färbung eines $^1/_2$ mm breiten Saumes des Blattes. Schon bei der 5.[2]) Braktee dieses Kolbens war ungefähr das untere Drittel des Tragblattes rein weiß. Das siebente Tragblatt, das mit seinem obersten Ende die Spitze des Kolbens bildete (Sp. in Fig. 12a), sonst aber wie das vorhergehenden ganz von den alten Tragblättern zugedeckt und vom direkten Lichtgenuß abgeschlossen war, zeigte, wie das folgende, nur noch eine leichte Rötung. Die nach innen und oben folgenden waren weiß, mit Ausnahme einer leichten, später auch verschwindenden Rötung eines ca. 1 cm breiten Randstreifens. Die gelbe Farbe der Spitze blieb länger sichtbar, ohne jedoch einen merklich größeren oder kleineren Raum als in späteren Stadien einzunehmen. — Übrigens schwanken auch die Angaben der Autoren über die Brakteenfarbe von *M. rosacea*, denn nach Baker, Annals of botany, sind sie pale blue or reddish lilac, nach Knuth dagegen schön karminrot usw.

Die zunächst sichtbaren äußeren Blütenteile waren bei beiden Infloreszenzen in der oberen Hälfte dottergelb (welche Farbe nur bei diesem Subgenus vorzukommen scheint), gegen den Fruchtknoten hin heller und 43—46 mm lang. Das mediane Kronblatt

---

[1]) Nach Bot. Reg. mißt die ältere Braktee von *M. rosacea* ca. 16 cm. Die Infloreszenzkolbenlänge ist (offenbar nach längerem Wachstum) 13 cm, die Breite $3^1/_2$ cm. Nach Roxburg, Flora indica, beträgt die Brakteenlänge 4—6 inches, nach Knuth Handbuch 10 cm. Nach Baker in Annals of botany 1893 p. 189 ff. ist die Länge der unteren 6—8, die der obern 3 inches.

[2]) Ich beginne die Zählung jeweils mit dem ältesten, der Vegetationsspitze fernsten Organ, also je höher die Zahl, um so kleiner und jünger ist das Organ und umsomehr durch die vorangegangenen Brakteen von der Außenwelt abgeschlossen.

war weiß, ev. mit einem Strich ins Violette. Der Fruchtknoten war bei den mir zu Gebote stehenden Blüten (von der 68. Braktee mit nichtfruchtenden Blüten an aufwärts bei Infloreszenz I, ca. der 124. bei Infloreszenz II) äußerst rudimentär, nur $4^1/_2$—6 mm[1]) lang und ungefähr ebenso breit, die ausgeschiedene Menge des anfangs bitter, dann süß schmeckenden Nektars ist zum Teil überraschend groß. Er füllt bei I oft das ganze untere Drittel einer Blüte aus (Fig. 11 b_3 u. d), wie leicht von außen zu sehen, da trotz der Färbung das Perigon genügend durchsichtig ist. Bei II war die Honigmenge hingegen sehr gering, meist sogar keiner zu sehen. Sämtliche Früchte, auf deren Blütenboden scharf umgrenzte Narben der abgefallenen Blütenhülle und Sexualblätter auffielen (s. Fig. 12 c), waren noch grün und wiesen, wiewohl sie viel stärker auseinander spreizten als bei den andern untersuchten Arten[2]), aufs deutlichste gegenseitige Beeinflussung ihrer Konturen auf. Der Querschnitt der äußersten Früchte (Fig. 12 c) ist ± dreieckig; die eine andere Frucht berührenden Seiten von Früchten beliebiger Stellung sind ganz flach, ebenso die der Achse zugewendeten. Die der Braktee zugewendete Seite kann ebenfalls flach sein, sodaß dann die nicht das Ende der Schar bildenden Früchte viereckigen Querschnitt haben, oder die Seite ist gebrochen, sodaß der Querschnitt ein Fünfeck darstellt, wie dies für *M. Cavendishii* und *Ensete* die Norm ist. Die Länge der Fruchtknoten schwankte je nach der Stellung in Schar und an der Achse von 39—56 mm; die Regel bildet eine Länge von 48—51 mm.

Auch hierin, d. h. in Form, Maß und Farbe der Frucht, sowie in Zahl und Distanz der Fruchtscharen und Zahl der Früchte ist auf Grund der Literaturangaben und Zeichnungen *M. rosacea* von den Zürcherpflanzen nicht prinzipiell verschieden. Als *ellipsoidea* (Schumann) kann die Frucht freilich nicht bezeichnet werden; auch fand ich kein Gelb in ihrer Farbe. Die Zeichnung im Bot. Reg. zeigt noch den Griffel auf der Frucht samt Staubblattrudimenten. Dies Verhalten wäre immerhin ein wichtiges und leicht konstatierbares Unterscheidungsmerkmal, sofern es konstant ist, d. h. diese Organe bei *rosacea* auch nach dem Welken auf der Frucht bleiben, wie dies z. B. bei *paradisiaca* und ihren Subsp. der Fall ist. Fallen sie erst nachträglich ab, so ist freilich auch hier die Brücke geschlagen. Den Gedanken an einen Wechsel im Verhalten auch in diesem Punkt unterstützen auch die wechselnden Angaben über Persistieren oder Abfallen der Brakteen und nichtfruchtenden Blüten.

Die noch an der Infloreszenz befindlichen Blüten konnten alle in ganz frischem Zustand untersucht werden.

Die freundlichen Bemühungen von Herrn Prof. Schröter sowie die meinigen, weiteres frisches Material zu bekommen,

---

[1]) Diese Zahlen stimmen mit den Angaben der Literatur und den aus Zeichnungen eruierten Maßen für *M. rosacea* ganz gut überein.

[2]) Bei den Fruchtständen der Eßbananen zeigt sich regelmäßig ein freilich viel schwächeres Auseinanderspreizen nur bei völliger Reife.

blieben erfolglos. Dagegen konnte ich aus dem Herbarium generale des Botanischen Museums der Eidg. Technischen Hochschule noch eine Infloreszenz von „**M. discolor**", Herb. Regel, Fig. 14, I (Herkunft unbekannt) verwerten und endlich im Juni 1911 eine in Formol aufbewahrte Infloreszenz (Fig. 14, II) in der Lehrmittelsammlung der Kantonschule Aarau untersuchen, die als *M. sapientum,* Oran, Herbst 1902, etikettiert war. Ich bezeichne sie als **M. discolor II**, denn sie gehört nach Habitus, Maßen, Blüte, Farbe und Blütenzahl durchaus zu dieser Art. Ihre Infloreszenzbasis mit den Früchten fehlte. Das Material bestand nur noch aus einer 20 cm langen, 13 mm dicken, etwas

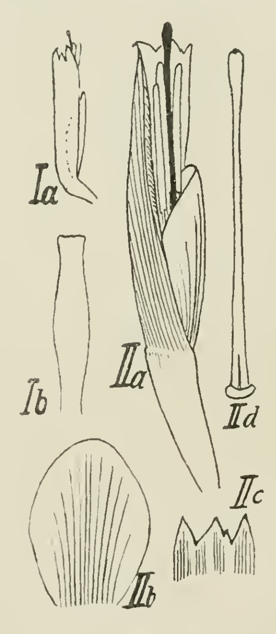


Fig. 14. *M. discolor.*
Ia nichtfruchtende Blüte. *Ib* Frucht nach dem getrockneten Material des Herb. Regel, 3/4 nat. Gr. *IIa* nichtfruchtende Blüte. *IIb* medianes Kronblatt (5/8 nat. Gr.) *IIc* Ende des mehrblättrigen Hüllteils dieser Blüte. *IId* Griffel v. hinten (1½ nat. Gr.) der Lehrmittelsammlung in Aarau.

gekrümmten Achse, die in üblicher Weise mit leider z. T. undeutlichen Narben abgefallener Brakteen und nichtfruchtender Blüten in engen Spiralen bedeckt war. Der abschließende Kolben hatte eine Länge von 160 mm und 50 mm Durchmesser. Brakteenlänge 115 mm, größte Breite 47 mm. Länge nichtfruchtender Blüten ca. 50 mm, dabei die des Fruchtknotens ca. 15 mm. Bei I war die Kolbenlänge nur 110 mm, die Breite ca. 45 mm, Länge des Fruchtknotens nichtfruchtender Blüten nur 9 mm und die des mehrblättrigen Hüllteils nur 23 mm. Der Durchmesser der freilich eingetrockneten 9,5 cm langen Achse war 0,5 cm, sodaß es sich offenbar bei I um ein weit schwächeres Exemplar handelt als bei II.

Als nichtblühende Pflanzen konnte ich endlich noch im hiesigen bot. Garten außer den erwähnten **M. sumatrana** und **sanguinea** noch **M. basjoo** und **M. ventricosa** kennen lernen.

III. Teil:

Die Ontogenie der nichtfruchtenden Blüte.

Ich beabsichtige im folgenden eine vergleichend morphologische Skizze der Ontogenie der nichtfruchtenden Bananenblüte, speziell von *M. Ensete* und der *Zürcher Rhodochlamydee (= M. rosacea?)*, von der Anlage des Blütenprimords bis zur völligen Anthese zu geben. Ein vergleichend morphologisches Studium anstatt der Beschreibung nur je einer Art ist aus zwei Gründen unbedingt unerläßlich: Einerseits ist aus den Untersuchungen von Wittmack über Blütenprimordien von *M. Ensete*, sowie von Schacht an *M. Cavendishii*, von Schumann an *M. paradisiaca* (subsp. *normalis)*, von Crüger an *M. (parad.* subsp.) *sapientum* und an *M. rosacea* und von Payer an *M. coccinea* ersichtlich, daß die Anlage der Blüte verschieden erfolgt, indem sich *M. Ensete* hierin von den andern erwähnten Formen unterscheidet. Die *Zürcher Rhodochlamydee* schließt sich im wesentlichen an die übrigen genannten Arten der *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen* an. Andererseits zeigt die Anlage von *M. Ensete* nicht denselben Bautypus wie die erwachsene Blüte, indem die Anlage streng radiär (aktinomorph) ist, mit deutlicher Scheidung der stets dreigliedrigen Kreise, also im Prinzip der jeder Tulpe gleicht; die fertige Blüte dagegen ist ± zygomorph, mit ungleicher Zahl von Organen auf verschiedenen Kreisen derselben Blüte, wie schon aus den Darstellungen Wittmacks hervorgeht; bei den andern Arten ist sowohl Anlage als fertige Blüte hochgradig zygomorph und die Kreise zeigen ebenfalls nicht alle dieselbe Organzahl.

Eine vergleichende Untersuchung begegnet nun aber auch insofern (auch hierüber fand ich in der Literatur keine Angaben) großen Schwierigkeiten, als sich an Individuen derselben Art, ja sicher auch an derselben Infloreszenz, die Blüten verschieden anlegen. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* konnte ich ohne weiteres einen großen Unterschied konstatieren, indem die Primordien ein und derselben Achse unter sich ± gleich, von denen der andern Achse aber deutlich verschieden waren.

Ich mache im I. und II. Abschnitt dieses Teiles zuerst auf einige Punkte von grundlegender Bedeutung aufmerksam, um dann in den folgenden Abschnitten die Blütenbildung jeder Art gesondert zu besprechen.

1. Die Unterschiede an den Infloreszenzen der Zürcher Rhodochlamydee (= M. rosacea?) und ihre Begleitumstände.

Die auffallenden Unterschiede der Primordien beider Infloreszenzen sind folgende: Bei der ersten Infloreszenz waren die Primordien gleichartig und durchaus von dem für *Rhodochlamydeen* und *Eumuseen* charakteristischen Typus (wie ihn Crüger für *M. rosacea* schilderte), bei dem sich erst ein hinten offener Ringwulst anlegt (Fig. 15 b_1), auf welchem sich dann ungefähr gleichzeitig die 5 Organe des äußeren und inneren Kreises differenzieren. Das 6. Staubblatt fehlt oder seine Anlage ist zum mindesten undeutlich und von der des medianen Kronblattes nicht leicht zu trennen (in seltenen Fällen ist die Anlage gleich der der übrigen Staubblätter). Bei der zweiten Infloreszenz mit ziemlich variierender Primordbildung hingegen war der gemeinsame Ringwulst meist kaum angedeutet (Fig. 15 b_2); es kamen vielmehr sofort die einzelnen Phyllome, und zwar stärker die Kelchblätter, zum Vorschein; auch standen die Kronblätter etwas innerhalb derselben. Das Andrözeum fand ich zu einem großen Teil vollständig (doch konnten nur sehr wenige Blüten untersucht werden, da sich in einer Tragblattachsel nur je eine Blüte befand, bei Infloreszenz I dagegen je drei). Diese Primordien erinnerten im ganzen sehr an die von *Ensete*, auch in Wittmacks Beschreibung. Sie unterschieden sich aber von ihnen in erster Linie durch weniger scharfe Abgrenzung der beiden Hüllkreise voneinander, deutlichere Markierung des mehrblätterigen Hüllteiles, d. h. deutlichere Trennung desselben von den Staubblättern, und darin, daß die Kronblätter relativ rascher als bei *M. Ensete* nach den Kelchblättern angelegt wurden (ich schließe dies daraus, daß ich die Größendifferenz zwischen den Organen beider Kreise bei der zweiten Infloreszenz der *Zürcher Rhodochlamydee* nie so erheblich fand wie bei *Ensete*).

Diese Unterschiede finden m. E. in folgenden Begleitumständen eine ziemlich hinreichende Erklärung. Die Infl. I, die es erst zu 68 Scharen ausgewachsener nichtfruchtender Blüten gebracht hatte, zeigte in diesem Teil gute Übereinstimmung mit einem entsprechend langen Stück am unteren Ende von Infl. II: Wenige Fruchtscharen mit 3—5 Blüten, dann eine Region von nichtfruchtenden Scharen mit 4—6, weiter oben mit bald 4, bald 3, dann vorwiegend 3 Blüten. Bei Infl. I folgten nun der Infloreszenzkolben und der Vegetationskegel mit ebenfalls noch je drei Knospen resp. Primordien, bei Infl. II dagegen folgten erst noch eine Region mit bald 2, bald 3, und dann eine Region mit vorwiegend 2 Blüten. Der Infloreszenzkolben begann erst mit der 125. Schar. In konsequenter Fortsetzung der Abnahme der Blütenzahl pro Schar von Basis zur Spitze standen aber die Primordien nur noch einzeln in der Achsel je eines Tragblattes des Vegetationskegels. Die fast doppelt so lange Infloreszenzachse des zweiten Exemplars war dem Erschöpfen nahe, wie, abgesehen von den erwähnten Umständen, besonders deutlich das immer stärker werdende Sich-zur-Seite-neigen des oberen Teiles und ihre Zersetzung und Er-

weichung von der Mitte her zeigte. Dazu kommt, daß bei Infl. II die Brakteen derselben Dreierzeile am Vegetationskegel etwa doppelt so großen Abstand hatten als bei Infl. I und daß das Primord von Infl. II — dies ist wohl das punctum saliens — schätzungsweise $1^1/_2$ mal größeren Durchmesser hatte als ein gleichaltriges von Infl. I. Es darf deshalb wohl auf folgenden Zusammenhang dieser Einzelbefunde geschlossen werden: Die Infloreszenzachse II war dem Erschöpfen nahe. Dies äußert sich an der Vegetationsspitze durch Abnahme der Raschheit der Ausgliederung der seitlichen Organe, so daß die Brakteen derselben Parastiche relativ weiter voneinander abstehen. Das Blütenprimord, dessen Tiefendurchmesser jeweils dem ganzen Abstand eines Tragblattes von dem nächsten Tragblatt der Dreierzeile entspricht, kann infolgedessen entsprechend größer werden. Infolge der

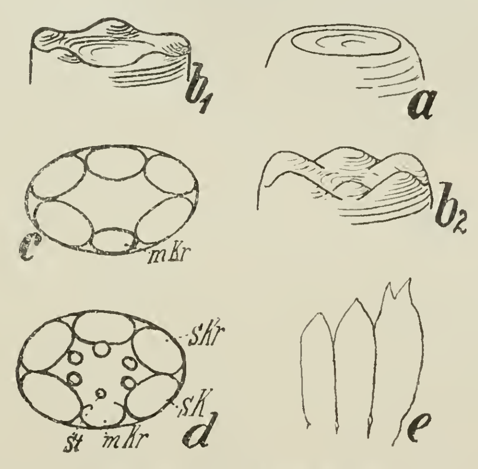


Fig. 15. *Zürcher Rhodochlamydee* (*M. rosacea?*)

a Jüngstes Stadium. b_1 *c* u. *d* aufeinanderfolgende Stadien, dem Rhodochlamydeentypus in der Hauptsache folgend. b_2 entsprechend b_1, doch *M. Ensete* genähert. *e* Knospen von 6 (rechts) bis ca. 4 (links) mm Höhe, von außen. Alle vergrößert. In *b*—*d* die axoskope Seite nach unten resp. vorn gewendet.

gleichzeitig ermöglichten stärkeren Verbreiterung des Primords scheint aber die Entwicklung mehrerer Blüten in der Achsel eines einzigen Tragblattes unmöglich zu werden, da die Raumtiefe nach den Seiten zu stark abnimmt.

2. **Grössendifferenzen des Primords als Ursache der beiden Hauptblütentypen.**

An einem größeren Primord können nun aber Blütenteile von einer gewissen Größe ohne jede seitliche Berührung ausgegliedert werden und sich eine zeitlang entwickeln, die — *ceteris paribus*, vor allem bei gleicher Größe der Organanlagen — bei deutlich kleineren Primordien nicht

einmal Raum zur ersten deutlichen Anlage finden, resp. infolge der sofortigen Berührung der allerersten Anlagen gemeinsam entstehen müssen, als Ringwulst, auf dem sich die einzelnen Spitzen erst später deutlich abheben und ausgliedern.

Bei *M. Ensete* sind die Dimensionen von Blühsproßprimord und Organanlage so bemessen, daß sich jedes Organ frei anlegen kann. Ihr Blütenprimord ist von den untersuchten das absolut größte. Bei Reduktionen (und die Spezialisierung der Bananenblüte besteht, wie sich zeigen wird, zum großen Teil in solchen, vor allem auch gerade in Größenreduktion bestimmter, doch nicht aller Teile) wird an der Blüte, so weit mein Material ein Urteil erlaubt, zunächst und hauptsächlich das Blütenprimord in seiner Größe reduziert, während die Blütenorgane (Kelch-, Kron- etc. blätter) ihre Anlagedimensionen durch die verschiedenen Arten hindurch ± beibehalten. Infolge dessen tritt nach anfangs getrennter Anlage zunächst eine basale Verwachsung der Organe ein (Fig. $15 b_2$; s. auch *Ensete*) und bei stärkerer Größenreduktion des Blütenprimords Berührung und Verwachsung resp. Ringwulstbildung der Blattanlagen schon im Moment der Ausgliederung.[1] (Fig. $15 b_1$.)

Diese Ansicht findet in folgenden, an jeder Infloreszenz zu konstatierenden Tatsachen gewichtige Stützen:

a) Die Fruchtblüten aller Bananen sind durch viel größere zugehörige Internodienlängen vor den nichtfruchtenden Blüten ausgezeichnet, und zwar ist auch die Internodienlänge der obersten Fruchtschar immer noch wesentlich größer als die irgend einer nichtfruchtenden Schar, deren Internodienlängen übrigens relativ recht konstant sind. Bei dem völligen Fehlen jeder Beobachtung über die Ontogenie der Fruchtblüten irgend einer Art und dem damit verbundenen Fehlen jedweder Kenntnis darüber, ob die Fruchtblüten und nichtfruchtenden Blüten in der Anlage in jeder Beziehung gleich sind oder konstante Verschiedenheiten zeigen, ist obige Tatsache wenigstens ein Wink, vielleicht eine sichere Stütze; denn sie läßt vermuten, daß die Fruchtblüten sich nicht nur unter günstigeren mechanischen Bedingungen als die nichtfruchtenden Blüten entwickeln, sondern auch anlegen. Ihr stets viel größerer Tiefendurchmesser läßt vermuten, daß die mechanische Hemmung seiner Ausdehnung nie eine so starke war, resp. daß der Raum, in dem sie wachsen, geräumiger ist, das Primord also größer sein kann. (Vergl. auch die Variabilität in Internodienlänge und Blütendimensionen, Zahl der Fruchtscharen etc. bei *M. Ensete*, *M. Cavendishii*, Vegetationskegeln der *Zürcherrhodochlamydeen*, *M. discolor*, die alle im selben Sinne sprechen.)

---

[1]) Das mediane Kronblatt scheint hiervon eine Ausnahme zu machen; doch findet sich auch hierfür eine zu dem eben Gesagten passende Erklärung (s. IV. Teil, Exzentrizität des Blütenwachstums).

b) Dieselbe Vermutung ergibt sich auch daraus, daß die Fruchtblüten im Verhältnis zum Achsenumfang der betreffenden Stelle viel weniger dicht stehen als die nichtfruchtenden Blüten, so daß auf dieselbe Bogenlänge eine kleinere Zahl von Fruchtblüten, resp. dieselbe Zahl von Fruchtblüten auf einen absolut viel größeren Bogen fällt. Ja sogar die zugehörigen Zentriwinkel sind in der Fruchtregion trotz des größeren Achsendurchmessers größer. So beträgt er bei der 2. Infloreszenz der *Zürcher Rhodochlamydee* 110—130° bei den Fruchtscharen, bei den nichtfruchtenden Scharen mit ebensoviel Blüten dagegen nur ca. 90°. Das Verhältnis der Fruchtscharbreite (an der Basis gemessen) zum Achsenumfang an der betreffenden Stelle beträgt 1 : (2,9 bis 3,2), nur für die erste, sehr tief inserierte Schar mit sehr großem Achsenumfang 1 : 3,6. Für die nichtfruchtenden Scharen ist es dagegen 1 : 4, soweit sie ebenfalls 3—4 Blüten aufweisen. Der Achsenumfang ist ferner für die einzelnen Scharen und Typen auch durch die Durchschnittsbreite der Blüte einer Schar meßbar mit charakteristischem Resultat. Er beträgt bei den

3-blütigen Fruchtscharen I—III das 10,8- resp. 9,6- resp. 9,3-fache,
4 „ „ IV—V je das 11,2 fache,
3 „ Übergangsschar das 12 fache,
3—4-blütigen nichtfruchtenden Scharen das 14,1- bis 16-fache,

bei den nichtfruchtenden Scharen dagegen das 14,1- bis 16-fache, wiewohl er absolut stark abgenommen hat. Von Schar 49 ab sinkt freilich das Verhältnis wieder etwas zugunsten der Durchschnittsbreite der Blüte; doch ist der Achsenumfang immer noch wenigstens gleich 12 Durchschnittsbreiten auch bei der 100. Schar.

c) Ebenso weisen Varianten in der Blütenbildung — wie im VI. Teil der Arbeit gezeigt werden soll, sind sie von der Stellung der Schar in der Hauptsache abhängig! — auf eine Größendifferenz der Primordien an ein und derselben Achse:

1. Blüten, die in einem Kreis mehr als die üblichen 3 Organe zeigen, sind bei den Fruchtblüten viel häufiger als bei den nichtfruchtenden Blüten, und bei den unteren Fruchtblüten wieder häufiger als bei den oberen Fruchtblüten. Die Organe dieser Blüten sind in keinem Fall von kleinerem Querschnitt als die der normalen Blüte. Dafür, daß sie erst nachträglich vor den anderen begünstigt worden, in dem Sinne, daß sie ein anfängliches Minus in den Dimensionen wieder ausgleichen konnten, spricht gar nichts, im Gegenteil, es spricht verschiedenes (besonders der oft größere Querschnitt dieser Blüten) dafür, daß sie von Anfang an begünstigt, daß sie mit breiterem Primord angelegt waren. Vor allem beweisend ist, daß zufällig auch am Vegetationskegel von *M. Ensete* ein junges Primord einer vierzähligen Blüte unter sonst normalen Blüten zu finden war, daß sein Durchmesser ca. $1^{1}/_{4}$ so groß war wie der der benachbarten Blüten. Seine Blattanlagen zeigten dabei durchaus normale Größe, also weder merkliche Verkleinerung noch Vergrößerung gegenüber den Organen der Nebenstehenden.

2. Bei den Fruchtblüten sind wieder weit häufiger 2 oder alle 3 (resp. 4) Kronblätter „lippig", d. h. selbständig und breit und am Blütenboden inseriert, wie es für das mediane Kronblatt der Fall ist. Bei den viel zahlreicheren nichtfruchtenden Blüten ist so etwas sehr selten! Ja sogar nur teilweise lippige Entwicklung eines seitlichen Kronblattes findet sich bei letzteren äußerst spärlich. Auch diese Variante resp. Abnormität ist übrigens in den unteren Fruchtscharen wieder weit häufiger als in den mittleren und oberen. Die Entwicklung der seitlichen Kronblätter ist aber aufs deutlichste vom verfügbaren Raum abhängig (s. u.): Genügt er nicht, so werden sie, ev. bis zu völligem Schwund, reduziert.

3. Synanthien sind nach meinem Material am häufigsten bei den nichtfruchtenden Blüten. Auffallend ist, daß sie besonders häufig sind bei den Arten mit stärksten Größenreduktionen der Brakteen und stärkster Reduktion der Blütenzahl pro Schar: Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* und *M. paradisiaca* subsp. (Zürich), anscheinend auch bei *M. discolor*, wo die Narben aber zu schlecht erhalten sind, um sicher zu urteilen. Und auch hier ist die Verteilung wieder charakteristisch. Sie treten nämlich da auf, wo die Brakteenbreite unter eine gewisse Normalbreite in Bezug auf die Blütenzahl sinkt, also jeweils in den oberen Scharen mit je 4, resp. 3 oder 2 Blüten, da die Blütenbreite durchschnittlich konstanter ist als die Brakteenbasisbreite, vor allem langsamer abnimmt als letztere.

4. Blüten mit weniger als 3 Organen pro Kreis finden sich in der nichtfruchtenden Region nicht selten, in der Fruchtregion sozusagen nie.

5. Anscheinend in Widerspruch mit obigem steht das Auftreten von einigen Blüten mit allseitig geschlossener Hülle, mit lauter fädigen, an der Perigonröhre angewachsenen Kronblättern und auffallend engem Querschnitt in den unteren Fruchtscharen von *M. Ensete II* (Schar 2 und 3). Diese sonst unbekannte Blütenform findet sich nun aber verbunden mit einer auffallend kleinen Blütenzahl (die vorangehende und die folgenden Scharen haben mehr Blüten) und mit Verlaubung der Brakteen, d. h. also in Blattbildungen, die unter anderen Umständen (wie schon bemerkt, können die Übergangsblätter bei *Ensete* sehr zahlreich sein) hätten Übergangsblätter sein können und dann keine Blüten hätten entstehen lassen. Die besondere Form ist also wohl der Ausdruck der besonderen der Blütenanlage ungünstigen, ihrer späteren Entwicklung aber eher weniger feindlichen Bedingungen.

d) Auch die normalen Differenzen der beiden Hauptblütentypen können hier berücksichtigt werden. Bei den Fruchtblüten entwickeln sich auch die Organe des zuletzt angelegten Kreises vollständig, ja sie hypertrophieren in den unteren Scharen sogar. Bei den nichtfruchtenden Blüten verkümmern diese Organe und zwar in der Regel umso mehr, je länger das Blühen schon dauerte. (*M. discolor* eine Ausnahme? s. Taf. XIII.) Das mediane innere Staubblatt ist wenigstens bei *M. Ensete* in den Fruchtscharen ebenso entwickelt wie die anderen

Staubblätter, in den nichtfruchtenden Blüten dagegen verkümmert es immer mehr. Der mehrblättrige Hüllteil der Fruchtblüten (wenigstens von *M. Ensete*) ist tiefer gespalten als bei den nichtfruchtenden Blüten, bei denen die Verwachsungsintensität nach dem Achsenende noch sehr zunehmen kann (*M. paradisiaca* subsp. Zürich).

Das Verhalten der normalen Blüten, besonders ihrer inneren Teile, gestattet zwar auch einen Erklärungsversuch derart, daß angenommen würde, die Primordien der unteren Scharen würden ein Breitenwachstum zeigen, das relativ zur Organanlage für letztere günstiger sei als bei nichtfruchtenden Blüten. Nimmt man aber die übrigen angeführten Tatsachen hinzu, so kann die Erklärung m. E. nur lauten:

In den Fruchtscharen ist das Verhältnis der Primordgröße zur Größe der Organanlage für ersteres günstiger als in den nichtfruchtenden Blüten. Daher gelangen die Organe in den Fruchtblüten besser getrennt zur Anlage, resp. legen sich hier häufig überzählige Organe resp. Radien an und kommen alle Kreise zur Entwicklung. Bei den nichtfruchtenden Blüten dagegen fehlt es an Raum, daher frühe Berührung der Anlagen, Unterdrückung einzelner resp. ganzer Radien und Kreise.

Die absolute Größe der Organanlagen ist in ein und derselben Infloreszenz und bei verwandten Pflanzen relativ konstant. Sie ist auch für das ganze Genus konstanter als die Größe des Primords der nichtfruchtenden Blüten. Das größte Primord hat *M. Ensete* mit dem günstigsten Bildungsraum, das kleinste von den untersuchten Arten die *Zürcher Rhodochlamydee* mit den ungünstigsten Verhältnissen. Wie die genannten Arten unterscheiden sich auch innert jeder Infloreszenz Frucht- und Nichtfruchtregion hinsichtlich ihrer Bildungsbedingungen, also wohl auch hinsichtlich ihrer Primordgröße.

3. Musa Ensete. Ontogenie der nichtfruchtenden Blüte.

Vorbemerkung. Die Primordausgliederung erfolgt (s. VII. Teil, Partialinfloreszenz) entgegen der bisherigen Ansicht (Schumann) nicht von der Mitte der Schar nach beiden Seiten hin, sondern von rechts nach der Mitte und dann weiter nach links. Rechts befinden sich also die ältesten, links die jüngsten Blüten jeder Schar resp. deren Vorstadien, die ungegliederte Oberkante des Podiums etc., an der sich anscheinend so lange neue Blüten bilden, bis sie bis ganz ans linke Ende damit besetzt und der ganze Raum im Brakteengrund ausgefüllt ist. Am rechten Ende ist der Zeitunterschied der Ausgliederung ein recht geringer, die Primordien haben dort in allen Stadien ungefähr fast gleiches Aussehen und gleiche Größe. Die Mitte zeigt aber eine deutliche Differenz in der Ausbildungszeit, die sich nach links dann noch mehr verstärkt. Die beiden Reihen verhalten sich genau gleich. Einen Zeitunterschied konnte ich bei letzteren nicht konstatieren. Die benachbarten Primordien beider zeigen gleiche Größe und gleiche Stadien. Sie unterscheiden sich aber durch die Lage zur Braktee und damit auch in der Lage ihrer oberen Fläche.

Die ersten Stadien, bis die Kelchblattspitzen zusammenschließen, studierte ich vor allem von oben. Die späteren Stadien müssen vorwiegend auf Längsschnitten untersucht werden, bis es nach Erreichung einer gewissen Stärke und Länge der Kelchblätter etc. gelingt, die Organe ohne zu starke Verletzung herauszupräparieren.

Die **Primordien** (= Stadien bis Zusammenschluß der Kelchblattspitzen). Die aus den Krenaturen des relativ hohen, länglichen (sich von links nach der Mitte etwas stärker, von der Mitte nach rechts schwächer verbreiternden) Grundstocks entstehenden Primordien stellen zylindrische Körperchen von rundlich 3—5eckigem Querschnitt dar mit abgeflachter Deckfläche (Fig. 16a). Bei den Blüten der Außenreihe ist sie im allgemeinen stärker geneigt als bei denen der Innenreihe (Fig. 16c) infolge des hemmenden Einflusses der Tragblätter. Auf der nächsten Stufe zeigt sich neben einem geringen Breiten- und Höhenwachstum besonders eine runde Einsenkung der Deckfläche, die an der Vorderkante der Blüten der Außenseite (also phylloskop) am schärfsten akzentuiert ist (Fig. 16c und d). Die Vertiefung entsteht dadurch, daß die mittleren Teile im Wachstum hinter den Randpartien zurückbleiben. Aus den Randpartien entstehen alsogleich drei flache Höcker (Kelchblattanlagen) in $^{2}/_{1}$-Stellung, d. h. zwei seitlich axoskop, eines median und phylloskop. Zwischen ihnen, mit den Enden innerhalb verlaufend (peripher fand ich keine Scheidung), erheben sich später drei weitere ebenso flache Höckerchen (Kronblattanlagen) in $^{1}/_{2}$-Stellung (Fig. 16e und f). Sie sind nach innen nicht so scharf abgegrenzt wie die äußern, ja verlaufen zuerst ganz allmählich und unmerklich nach der Mitte. Während die ersten Höckerchen sich nun rasch aufwärts und in die Breite entwickeln (so daß das Primord von oben deutlich dreieckig aussieht), grenzen sich auch die inneren Höckerchen allseitig ab, doch bekommen sie nicht mondsichelartigen, sondern rundlichen Grundriß (Fig. 16g). Sie treten übrigens, so weit ich sah, alle gleichzeitig auf (nach Payer legen sich die Kelch- und Kronblätter bei *M. coccinea* ungleichzeitig an, indem die phylloskopen Organe jedes Kreises nach den axoskopen erscheinen sollen). Während dieser Abgrenzung entwickeln sich (auf den Schnitten schon früher angedeutet) gleichsam am Fuße der sich mit der Spitze über das Primord neigenden Kelchblätter neue Höckerchen (Staubblattanlagen, äußerer Kreis) in $^{2}/_{1}$-Stellung (Fig. 16g), die sich rasch allseitig abgrenzen und ungefähr die Querschnittsgröße der Kronblätter erreichen (Fig. 16h), ja die der seitlichen später übertreffen. Die Kronblätter, die von den Kelchblättern immer deutlicher umfaßt werden, differenzieren sich nach Größe und Gestalt in späteren Stadien in der Weise, daß die seitlichen klein bleiben und sich etwas verbreitern, d. h. mehr nach der Seite als radialwärts wachsen, hinter dem Radialwachstum des Primords also zurückbleiben (wie auch die Kelchblätter), während das mediane Kronblatt (s. u.) zunächst meist einen runden Querschnitt von viel größerer Fläche behält. Innerhalb der seitlichen Kronblätter erheben sich nun die Staubblattanlagen des inneren

Kreises, wobei sich die beiden seitlichen Anlagen stets scharf gegen die Kronblätter abgrenzen, während das mediane Kronblatt (besonders bei *Ensete II)* oft sehr starke Tiefenentwicklung aufweist (Fig. 16 i) und auf das Gebiet übergreift, wo das mediane innere Staubblatt stehen sollte, so daß letzteres dann zu fehlen

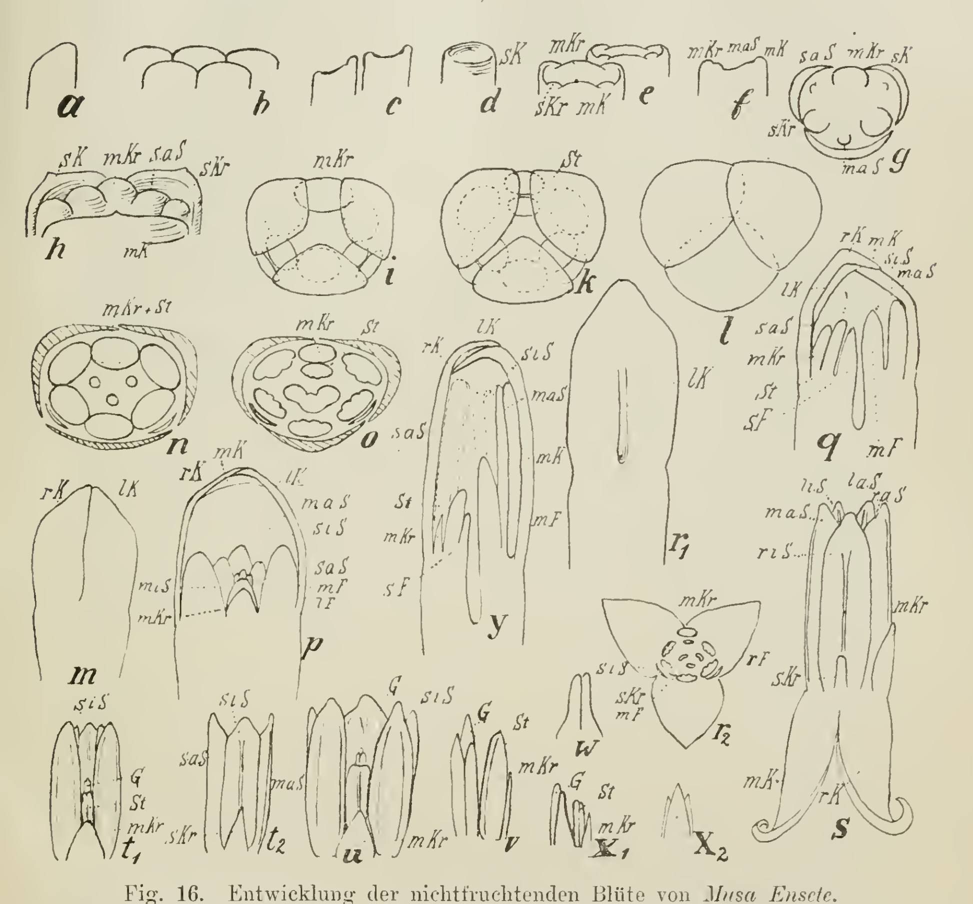


Fig. 16. Entwicklung der nichtfruchtenden Blüte von *Musa Ensete*.
Sämtliche Fig. vergr. *h* nach *Ens. I*, übrige nach *Ens. II*. — Bezeichnung der einzelnen Organe wie Fig. 2. *G* Griffel. — *a* Primord der Außenreihe von rechts. *b* Primordien einer zweireihigen Schar, von vorn. *c* Darauf folgende Stadien beider Reihen, v. rechts. *d* Ebenso, Außenreihe, v. vorn. *e* Differenzierung der Hüllkreise. *f* Ebenso, im Schnitt, v. rechts, Innenreihe. *g*, *i* u. *k* Primordien, v. oben, vor Zusammenschluß der Kelchspitzen. *h* Ebenso, v. vorn und oben. *l* Knospe v. oben. *m* Knospe v. hinten, ca. 15/1 n. Gr. *n*—*o* Ebenso, v. oben, nach Entfernung der Kelchspitzen. *p* etwas später, v. hinten, hintere Kelchteile entfernt. *q* etwas später, Schnitt fast in der Mediane. r_1 Knospe, v. hinten, ca. 12/1 n. Gr. r_2 Ebenso, v. oben, geöffnet. *s* Ebenso, v. rechts, Kelch heruntergeschlagen. t_{1-2} Innere Teile, v. hinten und v. links. *u* Ebenso, v. hinten. *v* Ebenso, v. rechts, mit asymmetrischem Griffel. *w* abnorme Griffelanlage. x_1 Griffel, Staminodium und med. Kronblatt, v. rechts. x_2 Dasselbe, v. vorn. *y* Schnitt durch ältere Knospe, fast in der Mediane.

scheint! Der Vergleich mit etwas späteren Stadien und das Studium der Schnitte führt mich zu der Ansicht, daß sich in diesem Falle nur die Abgrenzung gegen das Kronblatt hin, nicht

aber die eigentliche Anlage des medianen inneren Staubblattes verspäte, so daß beide Organe noch als eines erscheinen, wenn die seitlichen Staubblätter desselben Kreises schon ganz isoliert sind und daß dann erst verspätet die Abtrennung erfolgt und zwar so, daß das mediane, später meist rudimentäre Staubblatt eine fast ebenso große Anlage aufweist wie die Homologa (siehe Fig. 16o, nach einer zwischen den Extremen vermittelnden Blüte), während das mediane Kronblatt meist deutlich größer (seltener fast nur so groß) ist als die seitlichen Kronblätter zur selben Zeit. Es handelt sich also zunächst nicht so sehr um eine Hemmung des Breitenwachstums als um eine Hemmung der Differenzierung resp. des Selbständigwerdens. — Die zeitliche Aufeinanderfolge der vier besprochenen Kreise ist ± gleichmäßig. Immerhin ist die Längenzunahme der Kelchblätter vom Auftauchen eines bestimmten Kreises bis zum Sichtbarwerden des folgenden inneren eine größere, je weiter innen der zugrunde gelegte Kreis sich befindet, d. h. (da ein anderes Kriterium fehlt — zu verwenden wäre eventuell noch die Zahl der zwischen zwei bestimmten Stadien einer Blüte resp. Organkreises zur linken Hand erfolgenden Neuanlagen von Blüten) die inneren Kreise brauchen zur Anlage mehr Zeit als die äußern. Nach Anlage des inneren Staubblattkreises scheint die weitere Entwicklung beinahe stillzustehen; denn während die Kelchblätter weiter wachsen bis zur Berührung der Ränder und Spitzen, ja sogar bis zur wechselseitigen Deckung (Fig. 16 l und m), ist von oben gesehen am Blütenbodengrunde in der Regel keine weitere Umbildung sichtbar. Selbst wenn man die oberen Teile schon geschlossener Blüten entfernt, bietet sich ungefähr derselbe Anblick.

Schon um diese Zeit, bei Beginn des Zusammenschlusses der Kelchspitzen oder bald darauf, seltener erst weit später (hier wie in allen übrigen Details der Ontogenie herrscht eine große Variabilität, die ja möglicherweise deswegen noch größer erscheint als bei anderen Pflanzen, weil es bei den Bananen relativ leicht ist, eine große Zahl von Blüten ähnlicher Stadien zu untersuchen) differenzieren sich die Kronblätter deutlich (Fig. 16 n u. o), indem die seitlichen zurückbleiben, da sie von den kräftig wachsenden Staubblattanlagen an den Kelch gepreßt und damit zusammengedrückt werden, da der Kelch infolge der engen Blütenstellung schon nicht mehr ausweichen kann. Auch das Staminodium (= medianes inneres Staubblatt) bleibt meist schon auf dieser Stufe zurück. Bei *Ensete I* ist der Unterschied freilich gering.

Die Fruchtblattanlagen erscheinen sehr verspätet, nach meinem Material erst nach Zusammenschluß der Kelchblätter, als drei kleine Höckerchen im Zentrum der Blüte, so daß der Innenraum derselben nun ganz ausgefüllt ist. Auf Schnitten (Fig. 16q) ist ferner zu bemerken, daß sich der Raum innerhalb der Staubblätter etwas weitet und der zentralste Teil des Blütenbodens in die Tiefe sinkt, so daß eine unten etwas erweiterte schlauchförmige Höhlung entsteht. (Ursache ist auch hier ein Zurückbleiben der zentralsten Teile im Wachstum hinter den peripheren.) Ich muß

unentschieden lassen, ob es sich hier um die Anlage der Samenfächer durch späteres Zusammenschließen der Ränder der Fruchtblätter oder um Anlage der Honigdrüsen handelt.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse über das Primordium.

Bis zum Schluß der Kelchblätter bleibt die Anlage der Blüte von *M. Ensete* also meist nahezu, seltener sogar durchaus aktinomorph: Die Blütenhülle ist auf alle Fälle streng choripetal (d. h. bis zum oberen Ende des Fruchtknotens gespalten), auch die einzelnen Teile der inneren Kreise sind noch fast ganz gleich, trotz der späteren großen Differenzen; auch das regelmäßig abortierende, aber schon hier sehr variable Staminodium kommt in der Regel seinen Geschwisterorganen in allen Beziehungen noch fast gleich, soweit es sich vom medianen Kronblatt trennte. Die spätere Zygomorphie und die Sympetalie fehlen also erst ganz und sind später noch kaum angedeutet. Ferner ist die Trennung der Staubblätter in zwei Kreise nach Anlagezeit und Stellung eine sehr ausgesprochene im Gegensatz zu der späteren Vereinigung in einen Kreis. Anderseits ist aber der Kronblattkreis in seiner Gestalt den Staubblattanlagen noch zum Verwechseln ähnlich (Fig. 16 h), so daß es manchmal unmöglich ist, zu sagen, ob man ein künftiges Staub- oder Kronblatt vor sich habe, außer wenn man das normale Verhalten erwachsener Blüten entscheiden läßt. Die Kelchblätter sind dagegen von den Kronblättern deutlich verschieden und erinnern (s. ebenfalls Fig. 16h, nach einer Blüte von *Ensete I*) sehr an jüngste Brakteenanlagen (!), mit denen sie erwachsen nach Wittmack im Querschnitt auch weit mehr übereinstimmen als mit den Kronblättern.

Junge Knospen (vor der zweiten Periode vorwiegenden Längenwachstums). Das Zusammenschließen der Kelchblätter erfolgt, wenn die Blüten noch nicht 1 mm Durchmesser erreicht haben. Die Blütenhülle hat dann ungefähr die Form eines Eies (Fig. 16 m). Basalwärts ist sie etwas verjüngt und geht in einen sich nach unten noch mehr verschmälernden, hinter der Blütenhülle an Länge wenig zurückstehenden Fruchtkoten über, der sein Wachstum dann aber rasch vorläufig einstellt. Die Kronblätter, die in frühen Stadien den Kelchblättern an Länge ungefähr gleich wurden (ebenso äußere Staubblätter, s. Fig. 16 h), sind im Wachstum um mehr als die Hälfte zurückgeblieben (Fig. 16 p u. q). Erst nach und nach, wenn die Blüte in allen Hauptpunkten die definitive Form erhalten hat und fast nur mehr in die Länge wächst (Fig. 16 y u. 17 b ff.) holen sie das Versäumte ein. Bemerkenswert ist, daß die Kronblätter im Längenwachstum nicht nur hinter den Kelchblättern, sondern auch hinter den äußeren und inneren Staubblättern, ja sogar hinter den Fruchtblättern ganz auffallend zurück-

bleiben, und zwar tun dies nicht nur die schon früh rudimentären seitlichen Kronblätter, sondern auch das mediane. Sie bilden dünnhäutige und — wie die anderen Organe zu dieser Zeit — farblose Läppchen. Das mediane ist immerhin stets breiter, z. T. auch länger als die seitlichen (Fig. 16s), bleibt aber doch meist kürzer als das Staminodium! Von der Achse her (resp. von hinten) sieht man daher in diesen Stadien (s. Fig. 16 p, t, u) vor den seitlichen äußeren Staubblättern das kurze und breitdreieckige mediane Kronblatt, dahinter die Spitze des Staminodiums und zu innerst die Spitzen der drei Fruchtblätter (das vordere mediane ist in der Regel das längste!). Wittmack erwähnt, daß er bei nichtfruchtenden Blüten von *Ensete* gänzliches Fehlen der seitlichen Kronblätter konstatieren konnte. Ich habe mein Augenmerk besonders auf diesen Punkt gerichtet sowohl bei diesen jungen wie auch bei erwachsenen Blüten, habe aber sehr selten gänzlichen Mangel gefunden. Wo sie zu fehlen schienen, fanden sie sich bei sorgfältiger Prüfung in der Regel doch, entweder fester angepreßt als sonst oder besonders dünn entwickelt. Natürlich schwankt auch die Länge etwas. —

Die Staubblätter differenzieren sich nun deutlich von den Kronblättern, denen sie bis zum Zusammenschluß der Kelchspitzen in der Form auffallend glichen. Die ganze Anlage wandelt sich in zwei ditheke Antherenhälften (und Konnektiv). Vom Filament ist aber zunächst keine Spur zu sehen. Dieses tritt erst auf, wenn die Anthere ihre endgültige Länge erreicht hat. (Fig. 17, c u. d.) Das Längenwachstum des Staubblattes zerfällt also in zwei scharf getrennte Etappen: Bildung der Anthere, dann Bildung des (ungefähr ebenso langen) Filamentes. Die äußeren Staubblätter (die aber nunmehr mit den inneren in einem Kreis stehen) übertreffen die inneren an Größe etwas. Die Asymmetrie der Antheren der inneren seitlichen Blätter ist schon hier deutlich (Fig. 17 d). Das Staminodium ist zwar ebenso breit bis $^1/_2$ so breit wie die anderen Staubblätter resp. Antheren, bleibt aber im Längenwachstum sehr zurück.

Relativ sehr variabel scheint bei diesen jungen Blüten die Fruchtblattlänge zu sein, sie variiert zwischen zirka $^2/_5$—$^2/_3$ der Antheren- resp. Staubblattlänge (Fig. 16 t und u). Der Vollständigkeit halber erwähne ich hier noch, daß der Griffel im Wachstum dann immer mehr zurückbleibt und bei der erwachsenen nichtfruchtenden Blüte ausnahmslos höchstens noch die Länge der Filamente besitzt (in den unteren nichtfruchtenden Scharen war er einige Millimeter länger, indem er allmählich in den Griffel der Fruchtblüte übergeht.

Mittelgrosse Knospen (in der zweiten Periode vorwiegenden Längenwachstums). Fig. 17 b. Über die Kelchblätter ist nichts zu bemerken, ebenso wenig über die Staubblätter und Fruchtblätter. Sie wachsen alle gleichmäßig weiter in die Länge, wobei freilich die äußeren Staubblätter die inneren stets etwas überragen, wie sie auch zuerst mit der Bildung des Filamentes beginnen, nachdem

die Anthere die definitive Länge fast erreicht hat. Auffallenderweise nimmt jetzt aber die Länge der seitlichen Kronblätter wieder stark zu, trotz ihrer bisherigen Verkümmerung, so daß diese das mediane nach und nach übertreffen, darauf streckt sich auch das mediane mehr. Später beschränkt letzteres das Längenwachstum aber auf eine schmale Spitze (bisher bildet es ein gleichschenkliges

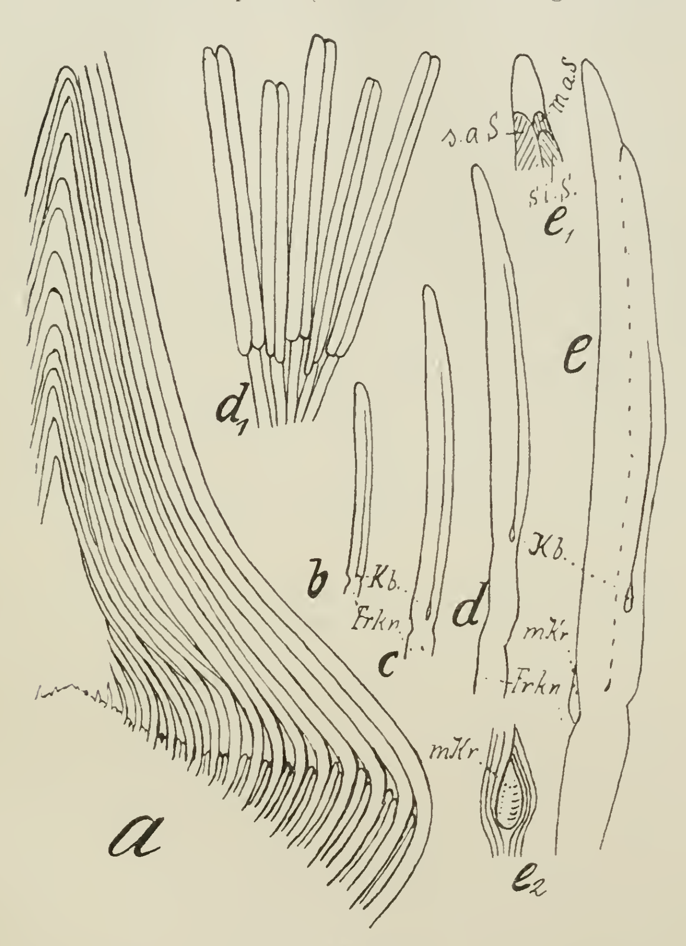


Fig. 17. *M. Ensete.*

a Schematisierter Schnitt durch die Infloreszenzknospe, unmittelbar vor dem Vegetationskegel, ca. 4/1 nat. Gr. *b—c* Junge Knospen, noch ohne Filament (1½—2/1 nat. Größe.) *d—e* Ältere Knospen mit Filament (1½—2/1 nat. Gr.). d_1 Staubblätter aus *d*. Anthere ist ausgewachsen. e_1 Schnitt durch *e*. e_2 Vortreten des medianen Kronblattes. Bezeichnungen wie Fig. 2 etc.

Dreieck) und wächst ungefähr mit der unteren Hälfte in die Breite. Kurz vor der Anthese stellt jede Hälfte der Basis ein Trapez dar (etwa zweimal höher als breit). Die letzten Veränderungen bestehen darin, daß die Flügel noch mehr nach der Seite wachsen, sich runden, das ganze Organ sich verfestigt und versteift, und

daß der trapezförmige Unterteil ungefähr mit der Mitte der Oberkante zu sekundären Spitzen auswächst.

Für das Verständnis einiger Einzelheiten des Blütenbaues sind Beobachtungen auf Quer- und Längsschnitten der Blüten besonders späterer hierher gehöriger Stadien wichtig. Auf jüngeren Stadien, die noch keine Filamente zeigen, ist auf dem Querschnitt jedes Staubblatt ohne weiteres kenntlich, da es meist die Antheren der anderen nur stellenweise berührt. Später, Hand in Hand mit der Entwicklung des Anthereninnern, verschwinden die Zwischenräume, Anthere legt sich eng an Anthere, so daß auf dem Schnitt makroskopisch die Entscheidung schwer fällt, welche Fächer zusammengehören und welche nicht. In diesen Stadien beeinflussen die Staubblätter gegenseitig ihre Kontur. Dasselbe ist später bei den Filamenten der Fall; zunächst sind sie von oben bis unten ± rund-oval, dann werden sie, gegen das Aufblühen hin, immer stärker von der Umgebung beeinflußt, indem sie sich in den basalen Teilen (unter den seitlich vorstehenden Antheren sind sie vor Druck geschützt) seitlich abflachen und dabei den Blütenhüllen und Fruchtblättern eng anlegen. In den in Fig. 17 b u. c abgebildeten Stadien (die Krümmung ist durch die Brakteen, resp. den schmalen zur Verfügung stehenden Raum verursacht) reichen die Antheren vom Blütenboden bis zur Perigonspitze. Bald rufen die inneren Staubblätter, wie in den Zeichnungen Fig. 17 c—e u. e_1 angedeutet, unterhalb der Spitze des mehrblätterigen Hüllteiles eine kleine Ausbuchtung hervor.

Letzte Perioden vor dem Aufblühen. (Erstarkung aller Teile, zweite Periode deutlichen Breitenwachstums.) Fig. 17 d, e. Die Blüte wächst wieder deutlicher in die Breite und langsam in die Höhe. Die Staubblätter bleiben im Längenwachstum hinter der Hülle zurück, so daß über ihnen ein leerer Raum entsteht (Fig. 17 e_1, Längsschnitt). Dabei nimmt die Gesamtheit des Andrözeums nach und nach spitze Kegelform an, so daß das Andrözeum unten etwas breiter ist als oben. Die anfangs schwachen Filamente erstarken und stoßen damit die Antheren wie einen Keil in die Blütenhülle hinein. Da aber die Ränder der Kelch- und Kronblätter schon fest zusammenhängen, erfolgt durch diesen Stoß nicht ein Öffnen, sondern nur eine leicht sichtbare starke Streckung der Hülle, die die inneren Organe früher nur lose umgab. Durch das Breitenwachstum der Antheren wird die Hülle auch in diesen Richtungen aufs stärkste gedehnt. Die seitlichen echten Kelchbuchten, die bisher am oberen Rande des Fruchtknotens waren, fangen an langsam höher zu wandern, d. h. es bildet sich die gemeinsame basale Zone für die Kelchblätter und die seitlichen Kronblätter (Fig. 17 d).

Die Dehnung der Hülle durch den Druck der inneren Teile läßt sich leicht dadurch sichtbar machen, daß man eine Blüte quer durchschneidet, aus dem einen Teil die inneren Organe entleert und ihn dann wieder auf den anderen Teil in natürlicher Stellung aufsetzt: es zeigt sich deutliche Kontraktion des entleerten Teiles. Noch deutlicher ist sie bei geöffneten Blüten sichtbar, indem das

Perigon (nach Möglichkeit wieder gestreckt) einer geöffneten Blüte (Fig. 7 a und Fig. 18 b u. d) mehrere Millimeter kürzer ist als die Staubblätter, die es vorher umschlossen hat, und die inzwischen nicht gewachsen sind, wie eine Messung (Vergleich mit ungeöffneten Blüten) sofort zeigt.

Die Blütenhülle, die allseitig, auch in der später offenen Mediane, geschlossen ist, bietet also nach den auf den letzten Seiten mitgeteilten Befunden, infolge des Aneinanderhaftens der Ränder, der Längen- und Breitenentwicklung der Staubblätter (und damit auch des Griffels) einen beträchtlichen Widerstand, der durch die dichte Stellung der Blüten und das früher erwähnte feste Aneinanderhaften der Brakteen wesentlich erhöht wird.

Es liegt nahe, das **Aneinanderhaften der Kelch- und Kronblätter** mit dem der **Brakteen** zusammenzubringen. Daß die letzteren, trotzdem sich der Schwerpunkt weit außerhalb der sichelförmigen Unterstützungsfläche befindet, so eng aneinanderliegen, ist nicht nur durch die Verbindung der Brakteen mit der Achse, resp. die Festigkeit dieser Teile bedingt, sondern vielmehr auch durch die zwischen den Oberflächen befindliche Feuchtigkeit und vielleicht noch mehr durch den Überdruck der den Kolben umgebenden Atmosphäre. Daß nicht die Festigkeit der Gewebe an der Haltung schuld ist, wird dadurch zur Genüge bewiesen, daß sie im normalen Verlauf des Blühens immer mehr von der Achse abstehen und daß sie, vom Infloreszenzkolben gewaltsam (ohne Verletzung an der Basis) losgelöst, nicht mehr in die ursprüngliche Stellung zurückkehren, sondern, freigelassen, ebenfalls abstehen und mit der Zeit immer mehr nach außen neigen. Die Erstarkung der Blüten, besonders des Fruchtknotens kurz vor dem Öffnen, der kräftige Druck, den sie dabei nahe der Insertion, also am günstigsten Punkte ausüben, trägt gewiß das seinige zu dem normalen Abheben jeder Braktee bei. (Über den Verlauf dieses Vorganges bei hängender Infloreszenz s. Knuth für *M. textilis*. Hier spielen statt dem Gewicht andere Faktoren die Hauptrolle, vor allem wohl ungleiches Wachstum und ungleiche Entwicklung etc. der Außen- und Innenseite der Brakteenbasis.) — Für die Erklärung des Aneinanderhaftens der Ränder der Blütenhüllblätter vor dem Aufblühen können jedoch die genannten Faktoren nicht in Betracht kommen, da sie in diesen Fällen auf dünnen Schnitten unter dem Mikroskop ohne weiteres als getrennte Bestandteile zu erkennen wären, was aber nicht überall der Fall ist. Andererseits sind die einzelnen Blätter auch nicht in der Weise verwachsen, daß die Zellen mit ihren Spitzen ineinander verzahnt sind, wie dies unter den verschiedenen Schichten ein und desselben Organs der Fall ist, sondern es läßt sich stets eine deutliche Grenze zwischen zwei Blättern erkennen, derart, daß die peripheren Schichten zweier sich berührender Organe flach aneinander liegen, sich geradlinig begrenzte Zellseiten zukehrend[1]), und daß die Zellumina zweier

[1]) Die Epidermiszellen unterscheiden sich durch fünfeckigen Querschnitt deutlich von den andern ± sechseckigen parenchymatischen Blattzellen. Auch damit ist ohne weiteres ersichtlich, zu welchem Blatt jede einzelne Zelle gehört.

Blätter durch eine etwas breitere Wand getrennt sind als zwei benachbarte Zellen ein und desselben Blattes. Eine Kutikula oder eine ähnliche Oberflächenbildung oder die Entwicklung einer besonderen trennenden Schicht oder einer Grenzlinie habe ich aber (auf diesem Stadium!) nie gefunden. Eine Oberflächenzelle eines Blattes ist also, abgesehen von der Dicke der Wandung und der Art der Aneinanderreihung, mit den Nachbarzellen des anliegenden Blattes (in den Regionen stärksten Aneinanderhaftens) ebenso eng verbunden wie mit den ihr benachbarten Zellen des Blattes, dem sie angehört. In diesem Sinne sind die Organe auch verwachsen. (Daß es sich um eine nachträgliche Vereinigung handelt, zeigt die Ontogenie.) Auf Schnitten durch Regionen, wo sich die Blattränder zu lösen beginnen oder fast gelöst haben, ist nie eine zerrissene Zelle zu finden, was ebenfalls gegen eine echte Verwachsung spricht. Doch glaubte ich in der Fortsetzung der Trennungsrichtung zwischen den beiden Zellschichten in der Mitte der Wandung in solchen Präparaten eine dünne Mittelschicht resp. Linie zu erkennen. Die erwähnten Umstände veranlaßten mich, dem Beispiel Wittmacks folgend, von einer Verklebung zu sprechen. Den Vorgang denke ich mir so: in noch jugendlichem Stadium, wo jede Zelle sich wohl noch weiter teilt, das Wachstum also nicht ein beschränktes, sondern noch ein allgemeines ist,[1]) legen sich die Blütenhüllblätter in ihrer ganzen Länge aneinander. Die Oberflächenzellen, die anfangs nach außen keinen mechanischen Widerstand finden, geraten aber infolge der dichten Stellung der Blüten etc. bald in ebenso engen Kontakt mit den Zellen anderer, bisher ohne jeden Kontakt neben ihnen wachsenden Organe als mit den Nachbarzellen ihres Blattes. Die noch ganz plastischen Zellhäute schmiegen sich eng aneinander an, um so fester, je stärker der Druck ist (wie ein Vergleich an Schnitten aus Regionen verschiedenen Druckes zeigt) und haften, sei es durch die Adhäsionskraft der Feuchtigkeit der Wandungen oder aus einem anderem Grunde, aneinander.

4. Das Öffnen der nichtfruchtenden Blüte von Musa Ensete.

Bei normalen Verhältnissen erfolgt das Öffnen der Blüte in der Weise daß sich zunächst an der Basis (Fig. 17 e u. e_2) vor dem medianen Kronblatt die Kelchblätter etwas voneinander entfernen, indem das mediane Kronblatt besonders median und unmittelbar über der Insertion sich verstärkt und das ganze Gebilde gegenüber dem vorherigen häutigen schlaffen Bau junger Organe ungemein kräftig wird. Es bilden sich nämlich tonnenförmige Kollenchymzellen in seiner Basis (zudem beginnt sich eine leichte Rotfärbung zu zeigen). Ein Wachsen nach oben ist für dies Organ aber unmöglich, weil es zwischen Antheren und Hülle an Raum fehlt (excl. genau in der Mediane, vor dem Staminodium). Dagegen ist das Wachstum nach den Seiten ungehemmt, da die seitlichen Filamente zunächst noch von dem mehrblätterigen Hüllteil abstehen. Zu gleicher Zeit mit dem medianen Kronblatt erstarken nun auch die Filamente, die noch zirka 5 Brakteen über einer Schar, deren

[1]) Es findet noch lange Vergrößerung in allen Dimensionen statt.

Blüten sich eben öffnen, nicht einmal imstande sind, das Gewicht der Anthere zu tragen; denn sobald man die alles zusammenhaltende Hülle entfernt, neigen sich die Staubblätter auseinander. Einem weiteren Längenwachstum der Filamente treten nun die erwähnten Schwierigkeiten entgegen, daß nämlich die Hülle nicht mehr wächst, wohl aber die Antheren — und zwar stärker im unteren Teil — sich in die Breite zu entwickeln beginnen (in die Länge wachsen sie, wie schon erwähnt, fast nicht mehr vom Moment an, wo das Filament sich zu zeigen beginnt). So lange das Breitenwachstum des unteren Teiles fehlte, glitten sie natürlich, als ein Stab von überall gleichem Querschnitt, relativ leicht durch die allseitig geschlossene, von den fest verklebten, ursprünglich aber freien Kelchteilen gebildete Röhre; bei der neu entstehenden Form und der Unfähigkeit der Hülle, sich ihr rasch anzupassen, kommt diese Aufwärtsbewegung durch Schub natürlich zum Stillstand und zwar zu einer Zeit, wo die Spitzen zirka 3—5 mm unterhalb der Spitze der Blütenhülle sind (Fig. 17 e_1). Die Kräftigung der Filamente, die nun eintritt, zeigt sich in etwas größerem Querschnitt, gegenseitiger Beeinflussung der Kontur durch zu nahe Stellung und vor allem, wie oben bemerkt, dadurch, daß nach Entfernen der Hülle die Staubblätter ihre Stellung genau beibehalten und die Antheren nicht mehr nach außen neigen. Zugleich zeigt sich rein weiße Färbung der Filamente (und Rötung unterhalb der Anthere). Das noch weiter dauernde Längenwachstum der Filamente bedingt nun zunächst ein geringfügiges Weiterschieben der Antheren, vor allem aber infolge der Hemmung des Vordringens durch die zu enge Hülle eine leise Krümmung der Filamente (wie sie sich bei *Phyteuma* am Ende sehr ausgeprägt zeigt). Nach dem (± keilförmigen) Querschnitt und der Gruppierung ist natürlich nur eine Krümmung nach außen, nach der Hülle zu, möglich. Auch die Stelle der Krümmung ist mechanisch gegeben, indem eine Lageveränderung an der Insertion sowie der Antheren und der oberen Filamentteile als Fortsetzung des Konnektivs unmöglich ist. Die stärkste Lageveränderung findet also zirka im unteren Drittel der Filamente statt. (Fig. 7 a—c gibt eine getreue Darstellung der definitiven Form der Filamente von der Seite und von hinten.) Eine Konturänderung der Knospe ist die Folge. Die Knospe scheint sich über dem Blütenboden zu weiten, so daß die Einschnürung unterhalb der Antheren (Fig. 17 e im Gegensatz zu Fig. 17 d) verschwindet. Der von den Filamenten auf die Hülle ausgeübte Druck macht sich in der Höhe der echten Kelchbuchten am meisten geltend. An dieser Stelle haften die Blätter nie aneinander, oberhalb davon nur lose. (Genaueres hierüber später bei der Beschreibung der einzelnen Organe.) Der Filamentdruck bewirkt also an dieser Stelle leicht, daß die Kelchblätter sich voneinander abheben und auseinandertreten, so daß die Kelchbucht immer deutlicher wird. Von besonderer Wichtigkeit ist nun aber der Umstand, daß die Blüte oberhalb des Blütenbodens eine leise Verschiebung aus der ursprünglichen Achse erhält, indem sie durch das stärkere Wachstum der auf derselben Dreierzeile folgenden

Braktee nach außen gedrückt wird. Der Druck von dieser Seite her ist, nach der Stärke der Beeinflussung der Kontur geschätzt, der stärkste aller mechanischen Faktoren. (Er ist vielleicht auch in hohem Maße mit schuld am Abort des 6. Staubblattes.) Das mediane Kronblatt vermag diesem Druck relativ gut zu widerstehen, da es unmittelbar über der Basis stark nach außen (vom Zentrum der Blüte weg) gebogen ist und eine breite sichelförmige Insertion besitzt, vor allem auch an der Basis am festesten gebaut ist; zudem wird es darin durch die Filamente der äußeren Staubblätter, die sich median nähern, unterstützt. Damit sind die mechanischen Bedingungen dafür gegeben, daß sich die Kelchblätter, die von der Anlage an unmittelbar über dem Blütenboden nicht zur Deckung kamen, in der Mediane nach oben etwas mehr voneinander lösen, so daß das mediane Kronblatt deutlich zwischen ihnen sichtbar wird und nach und nach mit gewölbter Basis heraustritt (Fig. 17, e u. e_2 und Fig. 18 a). Mit dem Wachstum von Filament und Lippe schreitet die Lockerung des mehrblätterigen Hüllteiles nach oben vor; damit wird auch ein weiteres Emporschieben der Antheren bis in die Spitze der Hülle möglich, so daß auch auf die zusammenhaftenden Spitzen der Kelchblätter ein Druck ausgeübt wird, dem meist rasch ein Auseinanderneigen folgt, so daß die obersten Teile der Antheren sichtbar werden (Fig. 18 a). Die völlige Sprengung der Hülle wird durch das weitere Längenwachstum der Filamente, wohl aber mehr noch durch die Ausbildung des Pollens (die von unten nach oben vorschreitet) und die damit gegebene Verstärkung des von innen nach außen gerichteten Druckes (eventuell durch die Volumenzunahme beim Austreiben des Pollens) bedingt. Daß aber die Kelchblätter sich nicht allseitig trennen, sondern meist nur median, dürfte der besonderen Form des medianen Kronblattes, resp. seiner schmalen federnden Spitze, zuzuschreiben sein, die wie ein Federmesser auf die daraufgedrückten hinteren Kelchblätter wirkt und damit das Öffnen an dieser Stelle hervorruft. Nachdem die beengende Blütenhülle so gesprengt ist (natürlich muß sich, um alles dies zu ermöglichen, vorher die Braktee etwas nach außen neigen), kontrahiert sie sich in der Länge sofort um einige Millimeter (Fig. 18 b u. d) und ebenso in der Breite, so daß es ohne Kenntnis der geschilderten Vorgänge unbegreiflich wäre, wie die Staubblätter vorher darin Platz fanden. Indem die vorher stärker gedehnten äußeren Partien sich mehr zusammenziehen als die inneren Schichten, rollt sich der mehrblätterige Hüllteil $\pm$ ein. Die bisher eng zusammengepreßten Antheren treten nun etwas auseinander (Fig. 18 b u. c), so daß der Pollen aus den geöffneten Fächern nach der Mitte entleert werden kann und der Zugang zu der Honighöhle geöffnet ist. Da die Pollenmassen aller Antheren (und damit auch diese) meist infolge ihrer großen Klebrigkeit (resp. der der Pollenschläuche) zusammenhängen, bilden die Staubblätter eine Halbröhre, indem der Zusammenhang unter den das Staminodium flankierenden Staubblättern kein so enger ist wie mit den übrigen Organen. Bei *Ensete II*, bei der der Pollen nicht schon in der Anthere austrieb, traten die Staubblätter ziemlich weit auseinander.

Fig. 18e u. f zeigt abnorm geöffnete Blüten. In Fig. f ist die Sprengung der Spitze nicht gelungen, die Antherenspitzen bleiben eingeschlossen. Die Blüte hat sich aber im übrigen nach der Norm in der Mediane geöffnet. Die Differenz in der definitiven Länge der Hülle und der Staubblätter ist dadurch sehr deutlich demonstriert. Fig. 18e zeigt, daß die Vereinigung der Kelchblätter in der Mediane auch gelegentlich so fest ist, daß ein Öffnen hier nicht erfolgen kann; es lösen sich dann die Ränder über einer (aber nicht beiden!) seitlichen Bucht auseinander. Es kann übrigens auch vorkommen, daß die Hülle quer durchgerissen wird, wie dies Fig. 18c zeigt.

Die Stellung, in der die Ränder (in der Mediane) sich zuletzt lösen, wechselt natürlich etwas; tiefer als in Fig. 18b dürfte sie

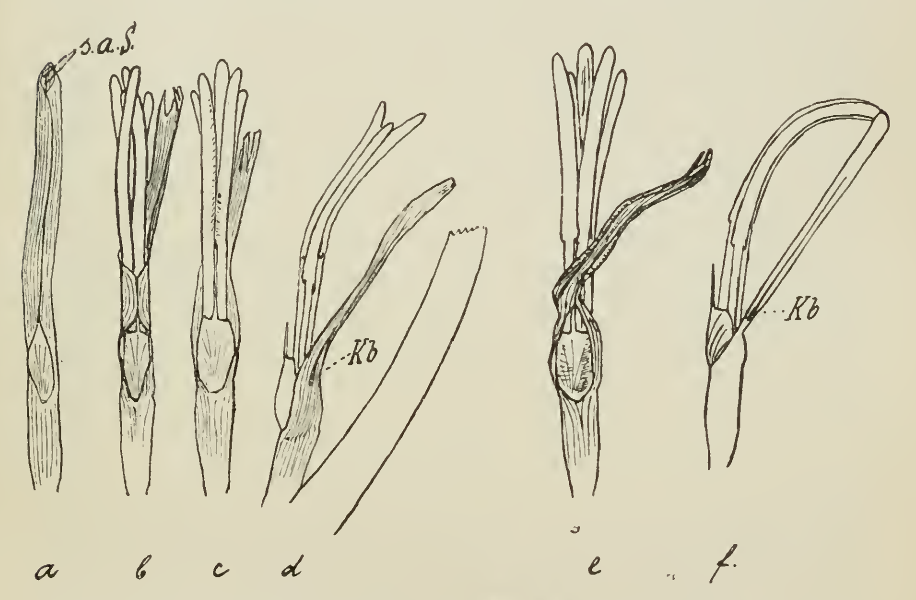


Fig. 18. Öffnen der Blüte von *M. Ensete.* ca. 3/4 nat. Gr.

a—d Blüten von Schar 52. *a* Blüte 17, *b* Blüte 11, *c* Blüte 4, *d* Blüte 3. *a*, *b* u. *d* normaler Vorgang. *c* Zerreißen der Hüllenspitze. *e* Die medianen hinteren Ränder bleiben verklebt, das Öffnen erfolgt über einer seitlichen Kelchbucht. *f* Die Kelchspitzen bleiben verklebt.

selten liegen, meist dagegen höher. Die Blüten Fig. 18a—c stammen übrigens aus der Innenreihe derselben Schar, Fig. a als jüngstes Stadium stand am weitesten links, Fig. c als ältestes am weitesten rechts.

5. **Öffnen der Blüte in den anderen Sektionen und ausserhalb des Genus Musa.**

Leichter als bei obiger Spezies erfolgt das Öffnen bei den Angehörigen der anderen Sektionen, da bei diesen die Kelchränder in der Mediane nie fest oder (bei der *Zürcher Rhodochlamydee*)

gar nicht zusammenhaften. Bei anderen Musazeen tritt eine Steigerung der Schwierigkeiten ein, indem bei *Ravenala madagascariensis* — die in fast allen Richtungen noch primitiver ist als *M. Ensete!* — die Sexualorgane nicht aus eigener Kraft die Hülle sprengen können, sondern erst bei Gelegenheit eines Anstoßes von außen (durch einen Blütenbestäuber), unter explosionsartiger Entladung des Pollens. Auch für *Heliconia* gilt ähnliches (s. für beide Schumann, Mus. S. 9 und Knuth.

6. Ontogenie der Blüte von Eumuseen und Rhodochlamydeen (Literaturrésumé).

Die Entwicklung der Blüte von *Eumuseen* und *Rhodochlamydeen* ist von mehreren Forschern studiert worden. Ihre Ausführungen zeigen z. T. infolge verschiedener Ausdrucksweise mehr Differenzen als ihre Abbildungen, besonders auch da, wo sie Exemplare derselben Art, nämlich *M. paradisiaca* L. oder *M. (paradisiaca* subspecies) *sapientum* (O.) untersuchten (Crüger; Schacht S. 137; Schumann, Morph. Stud. II. S. 226). Über andere Arten des Subgenus *Eumusa* fand ich keine Angaben. Von den *Rhodochlamydeen* liegt eine kurze Notiz über *M. rosacea* von Crüger und eine einläßliche Darstellung über *M. coccinea* durch Payer vor.

Bei *M. paradisiaca* und ihrer Subspezies *sapientum* entsteht nach aller Angabe zunächst ein (je nach der Reihe) 5—6 eckiges etwas plattgedrücktes Köpfchen. Crüger beobachtete darauf die Bildung zweier Rinnen, die erste ist axoskop („Art von Furche oder sehr durchsichtige Linie", ihre Bedeutung ist mir nicht klar), die zweite geht ringsherum, beginnt aber phylloskop; außerhalb entsteht der mehrblätterige Hüllteil, innerhalb das mediane Kronblatt und die übrigen Organe. Staubblätter und „inneres Perigonblatt" bilden sich aus „der inneren Masse" auf einmal. Sehr spät erscheint das Pistill.

Nach Schacht legen sich alle sechs Staubblätter gleichzeitig an. Nach seinen Zeichnungen ist das sechste anfangs so groß wie die anderen, bleibt dann aber in der Entwicklung zurück, wenn die Karpelle zusammenschließen und die seitlichen Kronblätter deutlich sich mit den Kelchblättern vereinigen.

Nach Schumann vertieft sich wie bei *M. paradisiaca* das zwischen den Krenaturen entstehende Primord und wird zu einer flachen Schüssel. Es bildet sich ein etwas erhabener Rand, aus dem sich die 3 Phyllome entwickeln. Die hinteren Blätter scheinen rascher zu wachsen als das vordere (ebenso Payer für *coccinea*). Das sechste Staubblatt legt sich nach ihm gar nicht an. (Wie an anderer Stelle erwähnt, finden sich erwachsene Blüten mit rudimentärem sechsten Staubblatt bei dieser Art nach Werth, während sie meist fehlen. Die Angaben der beiden Autoren dürften also richtig sein.)

Der wesentliche Unterschied im Verhalten der Anlage gegenüber *Ensete* ergibt sich am besten aus den Zeichnungen und Beschreibungen Crügers. Er besteht darin, daß sich die seitlichen Kronblätter rasch nach dem Auftreten in der Form von den Staubblättern unterscheiden, gleich den Kelchblättern mehr in die Breite wachsen und sich viel enger in die Lücken zwischen ihnen schmiegen. Sie scheinen infolgedessen früh durch eine vertiefte Zone von den Staubblättern und dem medianen Kronblatt getrennt, so daß sie nur nach Vergleich mit den späteren Stadien resp. Vergleich mit dem Diagramm einer aktinomorphen

Blüte als Homologa letzteren Organes erkannt werden können, ohne dies aber eher als verkümmerte Kelchblätter angesehen würden. Übrigens entstehen nach den zitierten Autoren im Grunde genommen zuerst nicht die einzelnen Phyllome, sondern — noch vor der Entstehung der Kelchblätter — ein ringsherum gehender, hinten offener Wulst, der sich deutlich nach innen abgrenzt und die Anlage der gemeinsamen basalen (bei *Ensete* ja nur schwach entwickelten, erst lange nach der Entstehung der Filamente deutlich werdenden) Wachstumszone, der Perigonröhre darstellt.

7. M. Cavendishii.

Ein Bild über die Details der weiteren Entwicklung läßt sich aus der Literatur nicht gewinnen. Nach meinen Beobachtungen an *M. Cavendishii* („neutrale" Blüten!) verläuft sie aber einfacher als bei *Ensete*, indem die Staubblätter aus irgend einem Grunde (Abort des Pollens? Geringes Längenwachstum?) nie einen starken Druck auf die Hülle ausüben und so das Wachstum der inneren Kronblätter nie gehemmt wird außer durch die Kelchblätter. Ebenso ist das Aneinanderhaften der medianen Ränder des mehrblätterigen Hüllteiles kein sehr festes. Die Staubblätter zeigen ein ähnliches Verhalten im Längenwachstum wie bei *Ensete*, doch erreichen ihre Spitzen nie diejenigen der Hülle, auf keinen Fall findet eine Streckung derselben und nach dem Öffnen eine Kontraktion statt. Das Perigonium zeigt auch kein seitliches Einrollen. Mein in Alkohol konserviertes Material gestattete keine weiteren Beobachtungen über Vorgang und Ursache des Öffnens.

8. Zürcher Rhodochlamydee (= M. rosacea?).

Die *Rhodochlamydeen* zeigen (trotz der Seite 319 erwähnten Unterschiede an den beiden Infloreszenzen der Zürcherpflanze) insoweit einheitliche Entwicklung, als sämtliche Hüllblätter ziemlich gleichzeitig auftreten (so schon von Crüger für *rosacea* hervorgehoben). Das jüngste Primord, das ich bei Infl. I sah, war ein kurzes, nicht schräg abgeflachtes Säulchen (die Brakteenprimordien sind bei dieser Art im Vergleich zum dahinterstehenden Blütenprimord viel kleiner als bei *Ensete!*) mit zentraler Vertiefung (ungefähr von der Breite des halben Durchmessers der Primorddeckfläche, Fig. 15a). Am äußersten Rand des peripheren Wulstes erheben sich nun gleichzeitig die fünf Anlagen des mehrblätterigen Hüllteiles (Fig. 15 b_1; so meist bei Infl. I), eventuell mit ihnen die des medianen Kronblattes (Fig. 15 b_2 u. c, zumeist bei Infl. II). Alle Organe haben in der Regel durchaus gleiche Stellung, keins steht weiter innen als das andere. Auch hier habe ich keine zeitlichen Differenzen im Auftreten gefunden (bei *coccinea* treten die hinteren Organe vor den vorderen auf nach Payer); doch sind die seitlichen Kronblätter schon in der Anlage kleiner. Bei Infl. II fand ich eine Andeutung des Entstehens in zwei Kreisen, indem

der Fuß der Kronblätter innerhalb der Kelchblätter flach verlief und damit diese Organe von den noch zentraleren Teilen abgrenzte (Fig. 15 b_2, vergl. damit 16 c). Auch die Staubblätter scheinen alle gleichzeitig aufzutreten (im Gegensatz zu *Ensete*), da ich nie nur Anlagen des äußeren Kreises, sondern stets auch ungefähr gleichgroße des inneren bemerkte (Fig. 15 d). Doch ist hieran vielleicht die Spärlichkeit des Materials schuld, die infolge der geringen Zahl von Blüten in jeder Braktee keine lückenlose Verfolgung der Ontogenie gestattete. Bei Infl. I fehlte die Anlage des sechsten Staubblattes meist, relativ weniger häufig beim zweiten Exemplar. (Bei den drei Primordien von entsprechendem Stadium war sie hier in zweien vorhanden!) Über die Anlage der Fruchtblätter wie über andere Punkte konnte ich keine Beobachtungen machen. Alles, was ich noch mitteilen kann, besteht darin, daß die Staubblattanlagen nicht so groß werden wie die der Hüllblätter und sich wieder durch runden Querschnitt (resp. halbkugelige Form) von diesen unterscheiden, und daß ferner die Organe des mehrblätterigen Hüllteils von Anfang an eine deutliche interkalare Wachstumszone zeigen, sich über die Staubblattanlagen neigen und daß diese interkalare Zone viel stärker wächst als die eigentlichen freien Blattenden, so daß diese stets als kleine Zipfel aufgesetzt erscheinen, die zudem an Größe relativ immer mehr zurücktreten. Die Anthere wächst wieder zur vollen Länge heran, bevor sich eine Spur des Filamentes bildet; die des äußeren Kreises sind stets größer, da sich ihr Filament auch zuerst anlegt. Die Hülle hindert die Entwicklung der inneren Organe in keiner Weise, weder durch Hemmung des Längenwachstums (die Staubblätter reichen kaum zu den Kelchbuchten empor!), noch durch Zusammenpressen, da die medianen Ränder des mehrblätterigen Hüllteiles nicht aneinander haften. Es findet damit auch nie eine Beeinflussung der Konturen statt, weder der Hülle noch des Andro- oder Gynözeums. Auch der Einfluß der Braktee auf die ersten Stadien der Blüte ist wegen des häutigen Baues und relativ geringer Größe der Tragblätter sehr klein. Erst relativ spät legen sich ihre oberen Partien und Ränder an die benachbarten Brakteen an und üben so wohl nach und nach noch einen kleinen Druck auf die Blüte aus, der aber nicht mehr imstande ist, den Bau derselben zu beeinflussen.

9. Vergleich von Ensete und Zürcher Rhodochlamydee (= M. rosacea?) Infl. I.

Zum Schlusse gebe ich eine Übersicht über die hauptsächlichsten Differenzen in Anlage und Entwicklung von *M. Ensete* und der *Zürcher Rhodochlamydee*, insbesondere der I. Infloreszenz als derjenigen mit normaler Entwicklung. Über *M. Cavendishii* werde ich am Ende einige Bemerkungen beifügen, die dartun sollen, daß sie zwischen beiden steht, doch immerhin viel näher der letzteren als *M. Ensete,* wie aus dem früher Gesagten ersichtlich ist.

M. Ensete.	*Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*).
Eine Abnahme der Zahl der Blüten pro Schar ist nicht oder erst nach langem Blühen konstatierbar.	Die Zahl der Blüten pro Schar ist am größten in der Nähe der Grenze der beiden Hauptblütentypen und nimmt nach oben bald deutlich ab.
Jeder innere Kreis legt sich deutlich später an als der nächst äußere.	Kelch- und Kronblätter legen sich ganz oder fast synchron an, ebenso wahrscheinlich die beiden Staubblattkreise.
Die Anlage ist durchaus aktinomorph.	Schon die erste Anlage ist zygomorph; doch ist die Zygomorphie oft (besonders in den Staubblattkreisen) weniger ausgeprägt als später.
Der Kelchblattkreis zeigt erst sehr spät eine Differenzierung der Organe und Zygomorphie durch Ausbleiben der Perigonröhrenbildung in der Mediane hinten. — Alle Ränder haften später ziemlich gleichstark aneinander. Die Verklebung ist am stärksten, wo die Pressung am stärksten ist.	Der Kelchblattkreis zeigt schon beim ersten Auftreten Zygomorphie durch sofortige Bildung der median hinten offenen Perigonröhre. Die medianen Ränder haften nie zusammen.
Die Kronblätter zeigen Zygomorphie ungefähr zur Zeit des Zusammenschließens des Kelches.	Die Kronblätter sind vom ersten Auftreten an stark zygomorph.
Das mediane innere Staubblatt legt sich wohl ausnahmslos an, ist oft noch fertil, besitzt meist deutlich ditheke Antheren und Filament, fehlt selten.	Das mediane innere Staubblatt legt sich oft sehr selten an, fehlt der fertigen Blüte meist, ist sehr selten fertil.
Der Öffnungsmechanismus ergibt sich aus der Betrachtung der räumlichen Verhältnisse.	Die Blüte ist überhaupt nie ganz geschlossen. Ein Öffnungsmechanismus fehlt.
Die Blüte erfährt von der Anlage bis zur Anthese weitgehende Änderungen im Diagramm. Sie ist anfangs aktinomorph und choripetal, später meist zygomorph, mit Verwachsung von Hüllblättern.	Schon die Anlage ist zygomorph und syntepal. Die ausgewachsene Blüte zeigt im Diagramm keine wesentlichen Unterschiede außer durch die Unterdrückung des medianen inneren Staubblattes. Die Ausgangsform, der monokotyle Bautypus, ist aus ihr allein fast nicht zu erkennen. Die Formel des ersten Anblicks ist $K_1C_1A_5G_3$.

Alle Abweichungen von der Anlage und vom normalen Monokotylendiagramm sind aus den räumlichen Wachstumsverhältnissen zu erklären.

Die Abweichungen vom Normaldiagramm sind aus den heutigen Verhältnissen absolut unerklärlich, die Abweichungen von *Musa Ensete* sind durch geringere Primordgröße (im Vergleich zur Größe der Kelch- etc. Blattanlage) und geringe Wachstumshemmung durch Fehlen der Verklebung der Hüllblattränder leicht verständlich.

Musa Cavendishii steht in der Mitte zwischen beiden nach dem Verhalten der Blütenzahl pro Braktee (große Zahl, aber frühe Abnahme derselben), freie Hüllblatteile von ähnlicher Länge wie Perigonröhre, schwaches Zusammenhaften der medianen Kelchränder und schwache Hemmung der Entwicklung der inneren Organe.

10. Das Biogenetische Grundgesetz und die Bananenblüte.

Es scheint nicht überflüssig, die hohe allgemeine Bedeutung der Resultate dieses Vergleiches nachdrücklichst hervorzuheben, zeigt er doch aufs deutlichste, daß bei der Bananenblüte in Jugendstadien Zustände auftreten, die zweifellos primitiver sind als der fertige Zustand: Anlage eines vollständigen Andrözeums mit nachträglicher, mit der Spezialisation aber immer stärkerer Reduktion; choriseple Anlage (mit Ausschluß höchstspezialisierter Arten, aber auch dort ± deutlich unter günstigen Umständen) und ausnahmslose Kelchblattverwachsung auf späteren Stadien; aktinomorphe Anlage und spätere extreme Zygomorphie etc. etc. Es gilt also das biogenetische Grundgesetz zweifellos auch für die Bananenblüte und für die Blüte überhaupt; denn ähnliche Tatsachen sind schon von anderer Seite veröffentlicht worden, wenn auch z. T. nicht unter diesem Gesichtspunkt. Payers Ontogénie de la fleur bietet leicht ersichtliche Beispiele. Ferner siehe Göbels Organographie; Hugo de Vries, Mutationstheorie; Uexküll-Gyllenband (Anlage von Staubblättern in später rein weiblichen Kompositenblüten) etc. etc. — Schon an anderen Stellen habe ich Tatsachen mitgeteilt, die für die Geltung dieses Gesetzes auch außerhalb der Blüte Belege bringen (II. Teil. *Zürcher Rhodochlamydee* etc., Blattform, Nervatur).

VI. Teil:

Bau und Stellung der einzelnen Organe der Blüte.

A. Die Blütenhülle.

1. Der mehrblätterige Hüllteil als Ganzes.

Rekapitulation: Im ersten Teil dieser Arbeit wurde darauf hingewiesen, daß die Blütenhülle aus zwei sich immer schärfer unterscheidenden

Teilen besteht. Der äußere Teil wird, wie auch aus den Angaben über die Ontogenie ersichtlich ist, stets von den drei Kelchblättern und den zwei seitlichen (vorderen) Kronblättern gebildet. Die verschiedenen für ihn benutzten Namen sind in Fig. 2 zusammengestellt. Ich nenne diesen äußeren Teil seiner Verwachsung wegen mehrblätterigen Hüllteil. Der zweite und innere Teil besteht nur aus einem einzigen Blatt, das ich, wieder abweichend von anderen Autoren (ihre Bezeichnungen s. Fig. 2) nach seiner Stellung medianes Kronblatt nenne.

Über die Bezeichnung der einzelnen Teile der Blütenorgane siehe ebenfalls Fig. 2 und p. 244 ff.

a) Kontroverse Schumann contra Baker über das Öffnen des mehrblätterigen Hüllteiles.

Schumanns Auffassung der Blütenhülle stimmt im Ganzen mit derjenigen Wittmacks und der hier vertretenen überein. In zwei wichtigen Punkten wendet er sich aber aufs bestimmteste gegen andere Autoren. So ist nach ihm die Angabe Bakers unrichtig, daß der mehrblätterige Hüllteil eine anfangs rings geschlossene Röhre darstelle, die sich erst kurz vor dem Aufblühen in der Mediane hinten öffne. Wie ich im vorhergehenden Teile gezeigt habe, ist Schumann im Recht, soweit es sich um *M.* (*parad.* subsp.) *sapientum, M. Cavendishii, M. discolor* und die *Zürcher Rhodochlamydee*, resp. um andere *Eumuseen* (vielleicht mit Ausnahme ihrer primitivsten Formen, wie etwa *M. fehi* und *M. Hilii* etc.) oder *Rhodochlamydeen* handelt. Eine Verklebung der medianen hinteren Ränder des mehrblätterigen Hüllteiles findet sich bei ihnen nicht, damit auch keine merkliche Hemmung des Öffnens. Der mehrblätterige Hüllteil dieser Arten ist in der Mediane hinten also stets offen oder wenigstens leicht zu öffnen. — Für andere Arten stimmen aber wieder die Angaben Bakers in allen wesentlichen Punkten. Wie oben erwähnt, zeigen die Knospen der nichtfruchtenden Blüten von *M. Ensete* in der Mediane hinten und seitlich durchaus gleichmäßige Ausbildung der Kelchränder, so lange die gemeinsame interkalare Basalzone noch fehlt. Mit der Entwicklung der letzteren tritt an der Basis der Blütenhülle eine Differenzierung ein, indem die seitlichen Kelchbuchten (Fig. 7a, e und andere) über den Blütenboden emporgehoben werden. Diese Differenzierung wird mit dem Erstarken des medianen Kronblattes noch deutlicher, bleibt aber unwesentlich im Vergleich zu folgenden Tatsachen: 1. Auch nach diesen Stadien zeigen die Ränder der Kelchblätter über der medianen hinteren Kelchbucht die gleich feste Verbindung wie die Ränder über den seitlichen Kelchbuchten, so daß die Blüte bis zum Öffnen allseitig geschlossen bleibt. Dabei sind auch in der Mediane hinten die Ränder so fest verklebt, daß der Rand des äußeren Kelchblattes quer durchreißt, wenn man vorzeitig versucht, die Blüte an dieser Stelle zu öffnen. 2. Es lösen sich beim Aufblühen der nichtfruchtenden Blüten anfangs auch die Kelchränder über den seitlichen Buchten etwas voneinander, freilich meist nur auf eine kurze

Strecke. Bei den Fruchtblüten findet dagegen oft eine ebenso völlige Trennung statt wie in der Mediane hinten (s. auch folgende Seite). 3. Den anschaulichsten Beweis für die Richtigkeit von Bakers Darstellung, nach der die Blütenhülle vor dem Öffnen in der Mediane hinten ebenso fest geschlossen ist wie seitlich (wenigstens bei einigen Arten), liefern seltene Fälle sich abnorm öffnender Blüten von *M. Ensete* (s. Fig. 18e). Bei ihnen haften die medianen hinteren Ränder auch bei völlig geöffneter Blüte noch fest zusammen, von oben bis unten, während das Öffnen seitlich erfolgt. Bakers Angabe stimmt nach den eingesehenen Abbildungen auch für das ganze Subgenus *Physocaulis*. Bei Baker wird freilich die Angabe vermißt — und insofern ist Schumanns Notiz durchaus berechtigt! — daß die geschlossene Röhre anfänglich aus freien Blättern besteht, die erst nachträglich an ihren Rändern fest zusammenhaften. Ferner ist der Ausdruck „slit down" nach meinem Befund insofern nicht ganz zutreffend, als das Öffnen in der Mediane hauptsächlich von unten nach oben und nur auf einen kleinen Teil der Blütenhüllänge von oben nach unten erfolgt.

b) Kontroverse Schumann contra Wittmack über die Auffassung des mehrblätterigen Hüllteils von *M. Ensete.*

Anderseits bekämpft Schumann die von Wittmack gegebene Abbildung der Blüte von *M. Ensete,* bei der die fünf Blätter des mehrblätterigen Hüllteiles bis in die Nähe des Blütenbodens getrennt sind, so daß nur eine relativ kleine Basalzone übrigbleibt. Schumann behauptet, daß die Selbständigkeit der Blätter auf so große Länge nur durch gewaltsame Trennung erhalten worden sei und daß das natürliche Verhalten durch seine Abbildung in Fig. 2 (Pflanzenreich *Musac.*) dargestellt werde. Mit anderen Worten: nach Schumann macht die gemeinsame basale Zone weitaus den größten Teil des mehrblätterigen Hüllteils aus. (Sie reicht nach ihm vom Blütenboden bis zu *fKb* in meiner Figur 4a, nach Wittmack dagegen nur bis *Kb* derselben Figur!) Ihr sitzen die freien Enden nur als unbedeutende Zipfel auf. Nach Wittmack ist dagegen das Verhältnis der Länge des freien Blattes und der basalen Verwachsungszone fast genau das Umgekehrte. Die Entscheidung dieser Frage ist von Wichtigkeit, weil 1. Wittmacks Abbildung unverändert in mehrere vielbenutzte Werke aufgenommen worden ist, 2. auch die übrigen *Physokaulideen* neu geprüft werden müssen, wenn Schumann recht hat, da die von ihren Blüten gegebenen Abbildungen im Prinzip mit Wittmacks wörtlicher Darstellung nnd Figur übereinstimmen. Vor allem ist die Frage wichtig, weil 3. *M. Cavendishii* und *M.* (*paradisiaca* subsp.) *sapientum* etc. durch tiefere Spaltung des mehrblätterigen Hüllteiles primitiver sind als *Ensete,* sobald Schumann recht hat. Ist dagegen Wittmacks Darstellung richtig, so ist *Ensete* auch hier wie in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Eigenschaften weit, weit tiefer zu stellen als die obengenannten *Eumuseen.*

Aus dem die Abbildung Wittmacks begleitenden Text geht klar hervor, daß Wittmack bei *Musa Ensete* zwei auf den ersten Blick streng geschiedene Blütenhülltypen fand, welche Feststellung Schumann offenbar ganz übersehen hat. Für die nichtfruchtenden Blüten nämlich beschreibt Wittmack den von Schumann abgebildeten Typus, bei dem die freien Kelchblattenden nur klein sind; den in der schematischen Abbildung dargestellten Typus mit tiefer Spaltung (s. meine Fig. 19 a, linke Hälfte, d. h. rechtes und medianes Kelchblatt! Ferner Fig. 21 a_2) schreibt er dagegen den Fruchtblüten zu. Dabei weist er aber darauf hin, daß der erstere Typ vom letzteren abzuleiten ist, indem er über den seitlichen Kelchbuchten (s. *Kb.* in meiner Fig. 4 a und Fig. 19) bei der nichtfruchtenden Blüte die Kelchränder wieder zusammentreten

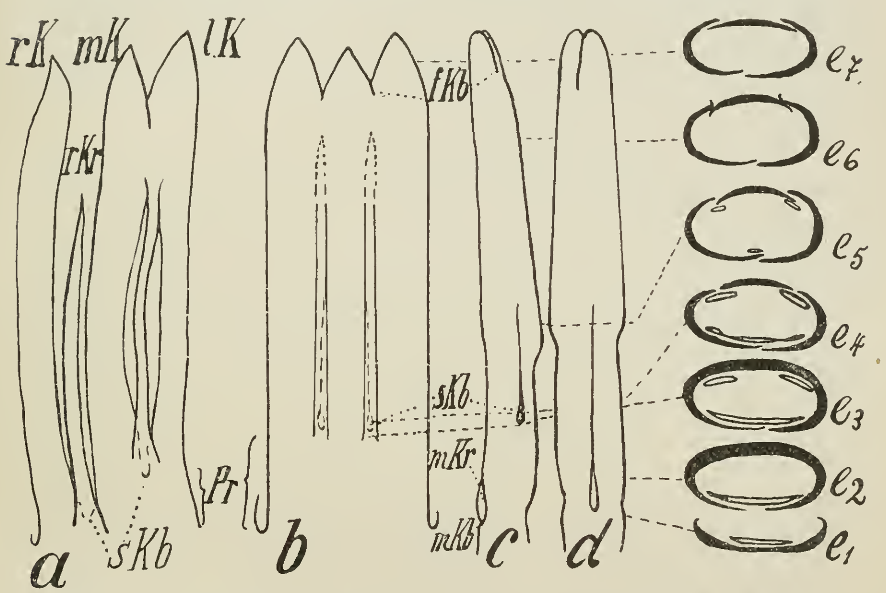


Fig. 19. Lage der echten und falschen Kelchbuchten bei *M. Ensete*. *a* mehrblätteriger Hüllteil einer Fruchtblüte, *b* einer nichtfruchtenden Blüte, beide von innen und ausgebreitet. *c* Knospe einer nichtfruchtenden Blüte von links, *d* von hinten. e_1—$_7$ Schnitte durch die Hülle an den durch die Punktreihen angedeuteten Stellen. Die axoskope Seite ist nach unten gekehrt. Bezeichnungen wie in Fig. 2 u. 4.

und auf den größten Teil ihrer Länge aneinander haften bleiben. — Da meine Studien Wittmacks Angaben durchaus bestätigten, habe ich sie in der Orientierung über die Blüte benutzt, zumal die richtige Auffassung gerade dieses Blütenteils für die Stellung der verschiedenen Arten maßgebend ist. Andererseits ist Wittmacks Zeichnung — abgesehen von der Kombination von Frucht- und Nichtfruchtblüte — schematisiert und dadurch in wesentlichen Punkten leicht irreführend, so daß ich eine eingehendere Besprechung doch für nötig erachte. Meine Resultate sind folgende:

1. Bei den ganz vertrockneten **Fruchtblüten** waren an beiden Infloreszenzen von *Musa Ensete* die Kelchblätter von der echten

Kelchbucht, d. h. von geringer Entfernung über dem Blütenboden an entweder ganz frei oder nur nahe der Spitze mit den seitlichen Rändern verklebt (Fig. 19a, rechtes und med. Kronblatt). Ebenso waren die seitlichen Kronblätter entweder völlig frei oder hafteten nur mit der Spitze an den Kelchblättern, die einzelnen Organe lösen sich also bei der Fruchtblüte ganz oder zum großen Teil und durchaus selbständig voneinander. — Die obersten Fruchtscharen zeigen eine ± deutliche Annäherung an die nichtfruchtenden Blüten.

2. Die seitlichen Kronblätter stehen dabei deutlich innerhalb der Kelchblätter, sind viel schmäler als diese, dünn pfriemförmig, statt breit lineal, mit kurzer Spitze und wesentlich kürzer als die Kelchblätter. Sie kommen höchstens dem nicht verjüngten Teil der letzteren an Länge gleich. In diesen Punkten scheint Wittmacks Abbildung nicht zutreffend. Doch ist zu beachten, daß Wittmack auch lebende junge Blüten zur Verfügung hatte, während meine Blüten welk und durch Auswachsen verändert waren!

3. Bei den **nichtfruchtenden** Blüten treten, wie früher besprochen, die seitlichen Kronblätter in der ersten Anlage durchaus frei auf und bleiben es (Fig. 16 r_2 u. s), bis die Knospe ca. 1 cm und mehr Länge erreicht hat. Ebenso werden die Kelchblätter isoliert angelegt und entwickeln sich lange frei. Dann erfolgt nach und nach unter dem wachsenden allseitigen Druck — infolge der dichten Blütenstellung und der Entwicklung der Sexualblätter — ein enger Kontakt und schließlich ein Verkleben der seitlichen und oft auch der Spitze des medianen Kronblattes mit den Kelchblättern und zugleich auch ein Verkleben aller Kelchränder unter sich. Diese Verklebung ist eine allgemeine Erscheinung in der Höhe der Antheren und erstreckt sich auch auf die obersten Spitzen der Kelchblätter. Die unteren Teile des mehrblätterigen Hüllteils, die unterhalb der Antheren gelegen und einen viel geringeren oder keinen Druck vonseiten der mehr nach innen stehenden Filamente ausgesetzt sind, verkleben daher nicht. Alle Blätter sind daher unmittelbar über der seitlichen Kelchbucht frei, weiter oberhalb derselben nur schwach verklebt. Nachdem die Filamente schon eine ziemliche Länge erreicht haben, findet an der Basis der Hülle (mit Ausnahme in der Mediane hinten) ein gemeinsames Emporwachsen der Kelchblätter und der seitlichen Kronblätter statt, so daß die seitlichen echten Kelchbuchten resp. Kelchblätter und seitlichen Kronblätter nun durch eine — im Vergleich zu *Eumuseen* etc. relativ kleine — gemeinsame Basalzone vom Blütenboden getrennt sind, während die mediane hintere Kelchbucht und das mediane Kronblatt ihre ursprüngliche Lage beibehalten. Die seitlichen echten Kelchbuchten sind an der vor der Anthese stehenden Knospe und an der geöffneten Blüte stets leicht zu finden (s. auch Fig. 7a bei *Kb*). Die Kelchränder treten dort etwas auseinander, um sich kurz oberhalb wieder zu schneiden und zu decken. An dieser Stelle ist also das seitliche Kronblatt (und zwar Teile aus dessen Basis) ± deutlich von außen durch die Kelchbuch hindurch

zu sehen. Schumann hat diese Buchten gar nicht beachtet! Beim Öffnen der Blüten werden die sich verjüngenden kurzen Spitzen der Kelchränder auseinandergesprengt (Fig. 18a) (es entstehen so die falschen oberen Kelchbuchten, die Schumann allein darstellt). Ferner werden beim weiteren Aufblühen auch die medianen hinteren Ränder ganz, die seitlichen auf eine kleinere oder größere Strecke, selten ganz (s. abnorm geöffnete Blüte Fig. 18 e) voneinander gelöst.

4. Breitet man den unmittelbar über dem Blütenboden abgeschnittenen ausgewachsenen mehrblätterigen Hüllteil nichtfruchtender Blüten (Schumanns entsprechende Abbildung reicht nicht einmal zu den echten Kelchbuchten herunter und stellt nur etwa ²/₃ des mehrblätterigen Hüllteils dar!) flach aus, so wird die gemeinsame Basalzone (*Pr.* in Fig. 19) deutlich sichtbar. Auf ihr sind auf der Innenseite die seitlichen Kronblätter etwas unterhalb

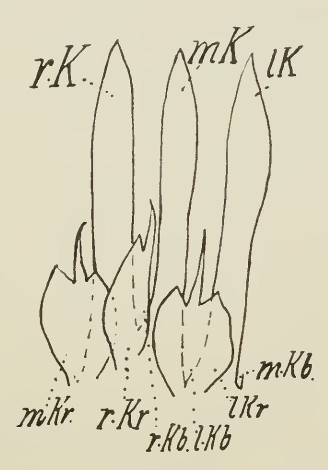


Fig. 20. *M. Ensete.* Fruchtblütenpelorie. Hüllblätter von innen, ausgebreitet.

der echten Kelchbucht inseriert und deutlich zu sehen. Die Kelchränder sind durch die Kronblätter verdeckt (schimmern ev. durch dieselben durch, da die seitlichen Kronblätter fast farblose, dünne hyaline Gebilde sind). Die Kronblätter sind auf eine große Strecke hinauf leicht zu verfolgen, indem sich die Ränder etwas vom Kelch abheben. Dann wird die Abgrenzung aber undeutlich und ist unter den falschen Kelchbuchten selbst mit der Lupe nicht mehr zu finden. Jeder Versuch, die Enden derselben von oben her mit einem Messer etc. abzuheben, ist durchaus erfolglos. Dagegen gelingt es sehr leicht, eine feine Nadelspitze etc. unter den Kronblättern in der Nähe der echten Kelchbucht oder etwas höher durchzuführen und so den unteren Teil des Kronblattes ohne jeden Zwang vom Kelch abzuheben und mit etwas Zwang das Blatt nach oben loszulösen. Dabei findet aber oben häufig ein Zerreißen statt, wie daraus zu erkennen ist, daß das Kronblatt statt mit einer

feinen Spitze mit einer scharfen + senkrecht zur Länge verlaufenden Querlinie endigt. Ganz ähnliches gilt für die Kelchblätter, d. h. die Verklebung resp. Verwachsung der Kelchblätter unterhalb der Spitzen sowohl unter sich als mit den Spitzen der seitlichen Kronblätter ist (auf ca. $^1/_2$—1 cm unter den falschen Kelchbuchten) eine sehr intensive und nimmt nach unten hin ab, um rasch wieder einer völligen Selbständigkeit der fünf Blätter Platz zu machen. Auf Schnitten, die in verschiedener Höhe durch den mehrblätterigen Hüllteil geführt sind, ergeben sich daher ganz verschiedene Bilder (s. Fig. 19 e_1—$_7$). — Nur das feste Zusammenhaften aller Organe in der Höhe der Kronblattenden macht eine Auffassung wie die Schumannsche zur Not verständlich.

5. Die Unrichtigkeit von Schumanns Auffassung zeigt sich auch beim Welken von nichtfruchtenden Blüten, indem hier öfters eine völlige Trennung zweier Kelchblätter auch auf der Seite, oder gar eine völlige Loslösung der seitlichen Kronblätter zu finden ist. Ferner ergibt sich ihre Unrichtigkeit auch aus anderen abnorm geöffneten Blüten (s. Fig. 18 c), vor allem

6. aus Fruchtblüten mit Übergang zur Zwei- und Dreilippigkeit resp. Pelorienbildung (Fig. 20). Hier sind eins oder beide seitlichen Kronblätter breiter entwickelt als sonst, im Extrem genau so wie das mediane Kronblatt. In gleichem Maße, wie das Blatt an Breite zunimmt, nimmt die gemeinsame Basalzone an jener Stelle ab, sinkt die echte Kelchbucht tiefer und lösen sich die danebenstehenden Kelchblätter um so früher voneinander. Es geht hieraus wie aus der Ontogenie aufs deutlichste hervor, daß die von Schumann übersehenen, in Wittmacks Abbildungen deutlich erkennbaren seitlichen echten Kelchbuchten der unmittelbar auf dem Blütenboden stehenden medianen hinteren Kelchbucht durchaus homolog sind, während die Stelle, wo sich die Kelchblattspitzen trennen, mit ihnen nicht homolog sind.

c) Vergleich des mehrblätterigen Hüllteils der anderen untersuchten Arten (Fig. 21).

Für *M. Cavendishii* ergibt sich auf Grund ziemlich junger Blüten und von Blüten mit Neigung zu Pelorienbildung, daß die in Fig. 21 mit *Kb* bezeichnete Stelle, wo Kelchblätter und seitliche Kronblätter auseinandergehen, trotz ihrer hohen Lage der medianen hinteren Kelchbucht entspricht. Die gemeinsame Basalzone *Pr.* des mehrblätterigen Hüllteils legt sich früher an als bei *Ensete.* Die seitlichen Kronblätter bleiben aber nicht selten recht lange völlig frei, so daß in manchen Fällen eine nachträgliche Verwachsung ihrer Basis mit dem Kelch nicht ausgeschlossen ist. Eine Verklebung der Ränder, die über das ganz gewöhnliche Zusammenhaften junger Blütenblätter hinausgeht, findet weder in der Mediane noch seitwärts oberhalb der echten Kelchbuchten statt. Eine falsche Parallelisierung der Buchten ist also hier im Gegensatz zu *Ensete* ausgeschlossen. Wie bei *Ensete* verbreitern sich

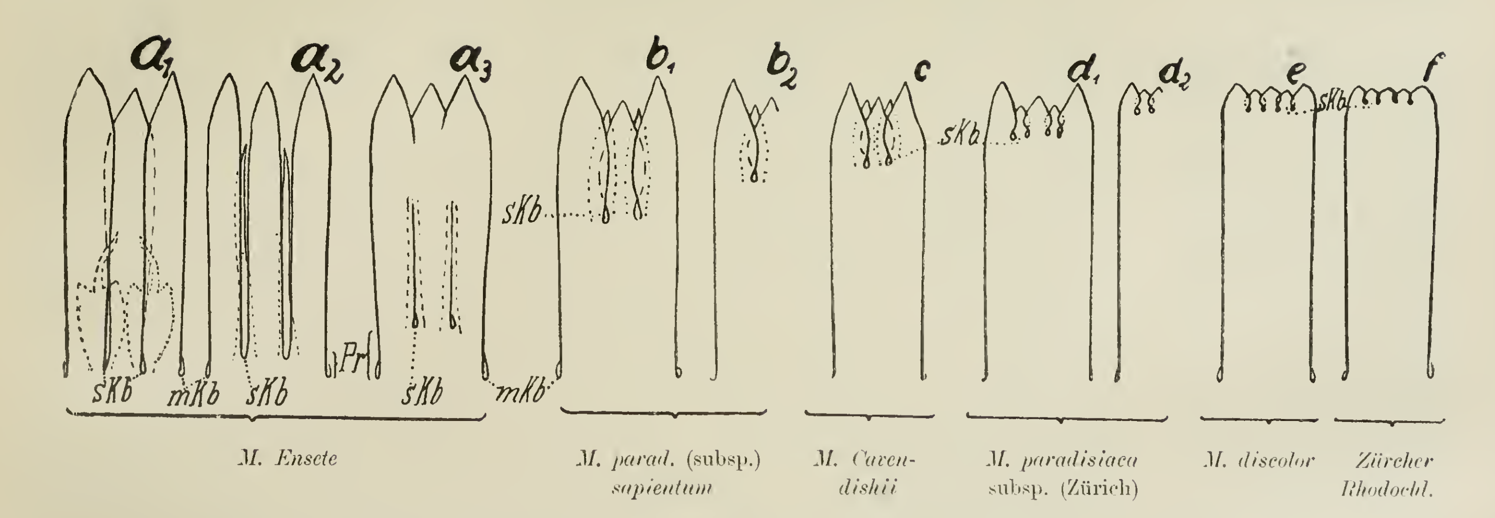


Fig. 21. Mehrblätteriger Hüllteil, in der Mediane geöffnet, ausgebreitet, von außen gesehen.

Gestrichelt: von außen nicht sichtbare freie Kelchblattränder. Punktiert: von außen nicht sichtbare freie Kronblattränder. Alle Arten sind auf gleiche Höhe gebracht.

M. Ensete: a_1 chorisepal, mit 2 lippigen seitl. Kronbl., kombiniert aus Fruchtblüten. a_2 Häufig in unteren Fruchtscharen. a_3 Obere Fruchtscharen und nichtfruchtende Blüten. — b_1 u. b_2 Extreme von *M.* (*parad.* subsp.) *sapientum* Herb. Regel, nach getrocknetem Material rekonstruiert. — *c M. Cavendishii.* d_1 u. d_2 Ältestes und jüngstes Stadium nichtfruchtender Blüten eines Exemplars von *M. parad.* subsp. (Zürich), Zeitdifferenz $^5/_4$ Jahre. *e* Nichtfruchtende Blüte von *M. discolor.* *f* Nichtfruchtende Blüte von der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea*?).

aber die Kelchblätter auch hier über den echten Buchten, so daß ihre Ränder sich eine Strecke weit gegenseitig decken. Nachher verjüngen sie sich wieder und die Ränder kreuzen sich wieder. Die den falschen Kelchbuchten analogen Stellen sind also auch hier zu finden. — *M. Cavendishii* unterscheidet sich von *M. Ensete* also durch das Fehlen von sekundärer Verklebung der Blatteile, hauptsächlich aber dadurch, daß bei ihr die gemeinsame, hinten offene Basalzone weit mehr als die Hälfte der Gesamtlänge des mehrblätterigen Teiles der Hülle erreicht und daß dementsprechend die freien Kelch- und Kronblattenden gegenüber *Ensete* stark reduziert sind.

M. (*paradisiaca* subsp.) *sapientum* (Fig. 10 A u. Fig. 21 b_1 u. b_2) bietet prinzipiell dieselben Verhältnisse dar wie *M. Cavendishii*, nur ist die freie Basalzone relativ etwas kleiner, die freien Teile relativ entsprechend länger.

M. paradisiaca subsp. Zürich zeigt wechselnde Verhältnisse, die von obiger Subspezies zu den *Rhodochlamydeen* überleiten (s. Fig. 10 und Fig. 21 d_1 u. d_2). Der Wechsel bedarf noch der systematischen Erforschung.

Die *Zürcher Rhodochlamydee* zeigt prinzipiell wieder denselben Bau, doch unter noch stärkerer Akzentuierung der Unterschiede gegenüber *Ensete*. Wieder findet sich völliges Fehlen einer sekundären Verklebung ursprünglich freier Teile, wieder sind nur die echten Kelchbuchten ausgebildet und die den falschen analoge Stelle nur durch die obere Kreuzung der sich deckenden Ränder angedeutet. Die gemeinsame Basalzone ist aber hier noch mächtiger entwickelt, die freien Teile der Kelch- und der seitlichen Kronblätter erreichen nur noch einen sehr kleinen Teil der Gesamtlänge des mehrblätterigen Hüllteils. Die Lage der seitlichen echten Kelchbuchten und der ihnen homologen medianen ist eine sehr verschiedene; letztere findet sich an gewohnter Stelle, dicht über dem Fruchtknoten, erstere fast am obersten Rande des mehrblätterigen Hüllteils.

M. discolor (Fig. 14 u. 21 e) zeigt fast dieselben Verhältnisse wie die *Zürcher Rhodochlamydee*, doch sind die freien Enden bei ihr eher relativ etwas größer.

M. Ensete ist also, nach der Länge der freien Blatteile und nach der Lage der echten Kelchbuchten beurteilt, weitaus die primitivste der untersuchten Bananen. In weitem Abstand folgt ihr *M.* (*parad.* subsp.) *sapientum*, dieser dann rasch *M. Cavendishii*, und den Schluß bilden, mit vorigen verbunden durch *M. paradisiaca* subsp. Zürich, als höchst spezialisierte Arten *M. discolor* und *Zürcher Rhodochlamydee*. Die Verklebung unterhalb der Kelchspitzen bei *Ensete* ist eine durchaus sekundäre Erscheinung und findet nur da statt, wo auf die betreffenden Stellen ein Druck während des Wachstums ausgeübt wird. Es handelt sich somit hier nicht um eine vererbte Eigentümlichkeit, sondern um eine Neubildung, die in ihrer Stärke ganz von der Stärke und Dauer des Druckes auf

jede einzelne Blüte, ja sogar auf jedes einzelne Organ (siehe spätere Besprechung unsymmetrischer abnormer zweilippiger Blüten) abhängig ist. Da die Verklebung mit dem Aufhören des Druckes (s. oben) wenigstens z. T. wieder rückgängig gemacht wird, liegt auch kein Grund vor, der Hülle von *Ensete* eine prinzipiell andere Stellung zuzuweisen als der Hülle der andern Arten (Schumann u. a. unterscheiden drei- resp. fünfzipfliges „Perigon", „Kelch" etc.).

Über andere Vergleichspunkte des mehrblätterigen Hüllteils siehe unter 4.

d) Die Grundlagen der verschiedenen Intensität der Verwachsung bei den untersuchten Arten.

Ich betone nochmals, daß die Intensität der Verwachsung resp. die Länge der gemeinsamen Basalzone bei den verschiedenen Arten (resp. Subgenera) nicht auf steigenden Druck in der wachsenden Knospe zurückzuführen ist. An der Ausbildung der Staubblätter etc. läßt sich zweifellos konstatieren, daß der Druck auf Blütenhülle und innere Organe bei *M. Cavendishii* viel kleiner ist als bei *Ensete* und daß er bei der *Zürcher Rhodochlamydee* etc. sozusagen null ist. Die Intensität der Verwachsung ist vielmehr durch die Raumbedingungen bei der Anlage verursacht.

Bei *M. Ensete* ist das Verhältnis von Blütenprimord und Blattanlagen so, daß die einzelnen Organe und Kreise sich getrennt anlegen können, bald aber zur Berührung resp. Deckung gelangen, so daß unter dem steigenden Druck dann die Ränder verkleben und schließlich, doch erst kurz vor dem Aufblühen, ein gemeinsames Wachstum der Basis der Blätter des späteren mehrblätterigen Hüllteils erfolgt (s. I. Teil: Wachstumsbedingungen und III. Teil: Ontogenie). Bei *Cavendishii* und *Zürcher Rhodochlamydee* ist das Primord relativ und — wenigstens bei letzterer in allen Stadien konstatiert — absolut viel kleiner. Die einzelnen Blütenorgane stehen viel dichter beim ersten Auftreten, die der äußeren Kreise kommen immer früher in Berührung, so daß sie bei der *Zürcher Rhodochlamydee* endlich gemeinsam auftreten müssen. Diese steigende Primordverkleinerung hängt nach meinen Befunden mit der Verkleinerung des Blütenbildungsraumes zusammen, die ihrerseits bedingt ist durch die Verschmälerung der Brakteenbasis und Verkürzung der Internodien der nichtfruchtenden[1]) Blüten. Dies führt dann wieder zu Schwund des Podiums als letztem Rest der Achse der Partialinfloreszenz und zu relativ konstanter Zahl der Blüten unter immer regelmäßigerer Anordnung bei immer besserer Ausnutzung des Raumes.

Es ist nun die Frage, ob damit zwei prinzipiell verschiedene Faktoren, bei den verschiedenen Arten verschieden stark beteiligt, die jeweilige Form dieses Teiles der Hülle hervorgebracht haben, oder ob die beiden Faktoren selber einen engen Zusammenhang aufweisen, in dem Sinne z. B., daß die Primordverkleinerung eine

---

[1]) Über das Verhalten der Fruchtblüten zur Zeit der Ontogenie ist, wie schon bemerkt, leider nichts bekannt.

Folge des immer stärkeren und auf immer früheren Stadien der Knospe, endlich schon bei der Primordanlage wirkenden Druckes wäre. Für einen Zusammenhang spricht entschieden der früher mitgeteilte Befund, daß bei *M. Ensete* die gemeinsame Basalzone der Hülle nichtfruchtender Blüten (welche, wie oben behandelt worden ist, einem starken Druck ausgesetzt sind) größer ist als die der Fruchtblüten (ev. mit Ausnahme der obersten, die den Übergang bilden), besonders der Fruchtblüten mit abnorm guter Entwicklung der seitlichen Kronblätter (Fig. 20). Dann ergibt sich weiter die Frage: Ist bei der *Zürcher Rhodochlamydee* etc. der Druck auf die wachsende Knospe ganz ausgeschaltet (resp. hat er hier im Gegensatz zu *Ensete* stets gefehlt) und ist die Bildung des mehrblätterigen Hüllteils dann allein das Werk der Primordverkleinerung? Hier scheinen mir die verschiedene Länge der Blätter der beiden Staubblattkreise sowie der Hüllkreise entscheidend. Eine mechanische Wachstumshemmung der inneren durch die äußeren, also eine Hemmung von genau derselben Art, wie sie für *Ensete* beschrieben wurde, ist die einfachste und m. E. einzige Erklärung. Doch besteht der wesentliche Unterschied: Bei *Ensete* sind diese Faktoren noch wirksam und führen zu den entsprechenden Bildungen. Fehlen oder Änderung der Stärke der Faktoren führt hier jedesmal zu anderen Gestaltungen. Eine — wenigstens eine strenge — Vererbung ist in diesen Merkmalen bei dieser Art nicht vorhanden, wie die sehr schwankende Ausbildung (s. abnorme Blüte und die beiden Haupttypen der normalen Blüte) mancher Teile deutlich zeigt. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* u. a. dagegen sind die Faktoren ontogenetisch nicht wirksam oder wenigstens ist ihre Wirkung nicht mehr an Druckspuren zu erkennen, dagegen ist die Ausbildung in hier wichtigen Punkten eine einheitliche (die zwei Typen zeigen in sich keine wesentlichen Unterschiede, die bei *Ensete* häufigen Abnormitäten treten hier sehr oder völlig zurück!), mit andern Worten: eine streng vererbte. Da bei *Ensete* auch beim stärksten Druck die Vererbungskraft auf alle Fälle wenigstens eine kleine ist, wenn sie nicht ganz fehlt, sehe ich mich zu der Annahme gezwungen, daß der Druck auf die wachsende Knospe der Vorfahren der *Zürcher Rhodochlamydee* und anderer Arten zum wenigsten nicht schwächer, sondern wohl stärker war als jetzt bei *Ensete*, wenn er der *Zürcher Rhodochlamydee* auch heute fehlt; ohne diese Annahme fehlt die Basis für die strenge Vererbung! Es ist wichtig, diesen Wechsel festzustellen, weil unter den ganz neuen Verhältnissen dann auch neue Erscheinungen auftreten! (S. Stellung der Kronblätter zur Zürcherpflanze bei abnormen Blüten.)

2. **Die Kelchblätter.**

Rekapitulation: Wie ich im ersten Teil ausführte, unterscheiden sich die Organe des äußersten Kreises der Hülle von denen des folgenden bei *M. Ensete* sowohl in der Form (und zwar ebenso in der Anlage wie in fertigem

Zustand!) als im innern Bau und der Farbe. Die Form der Anlage erinnert ganz an die Form der Brakteen durch große Breite, geringe Höhe und sichelförmigen Grundriß. Ebenso ist die Übereinstimmung mit der Braktee in der Anatomie nach Wittmack eine größere als mit dem Bau der Kronblätter. Die Blätter des innern Kreises sind hyalin, das mediane allerdings mit teilweise rötlicher Färbung, die des äußern Kreises dagegen braunrot gefärbt. Vor allem ist die Oberfläche der Kelchblätter durch die Gefäße kräftig gerippt, während alle Kronblätter glatte Oberfläche zeigen. Ich habe darum die Blätter des äußeren Kreises als Kelchblätter bezeichnet, trotz des Fehlens der grünen Farbe und wiewohl sich bei den andern Arten die Unterschiede zwischen beiden verwischen, die Unterschiede von Krone und Staubblatt dagegen auch in der Anlage bald größer werden. Ich glaube in diesem Punkte auf *Ensete* basieren zu dürfen, da diese Art in so zahlreichen andern Merkmalen, speziell auch der Blüte und der Blütenhülle, deutlich weitaus am primitivsten ist.

Die freien Teile der Kelchblätter der verschiedenen Arten zeigen eine zwar prinzipiell gleiche, in Einzelheiten aber verschiedene Form, wie Fig. 7—12, 14 u. 21 zeigen. Bei *Ensete* sind sie breitlineal (mit ganz schwacher Verbreiterung nach oben) mit stumpfer Spitze, bei den andern Arten sind sie spitz eiförmig, mit relativ längerer Spitze, indem sich die breiteste Stelle näher der Basis als der Spitze befindet. Bei *Zürcher Rhodochlamydee* und *M. discolor* werden sie z. T. sogar auf breit dreieckige Zipfel reduziert, die sich, wenn ausgebreitet, nicht mehr berühren. Bei der Zürcherbanane ist die Rippenbildung nur noch eine schwache, bei *M. discolor* fehlt sie anscheinend ganz.

Die basalen Teile sind bei allen Arten verwachsen mit Ausnahme von Lippenpelorien (bei *M. Ensete*), bei denen im extremsten Falle sämtliche Blätter durchaus frei sind. Das mediane vordere Kelchblatt ist ausnahmslos bei allen Arten etwas kürzer als die seitlichen und wird von ihnen in der Knospe gedeckt (also auch im Wachstum gehemmt). Die seitlichen Blätter sind ungefähr gleichlang, doch ist besonders in der linken Hälfte der Schar das linke oft etwas kürzer. Bei den Randblüten (äußerste Blüte am rechten und linken Ende der Schar) ist das äußere Blatt in der Regel kürzer als das innere.

Entgegen den Angaben der Literatur wechselt die Deckung der seitlichen Kelchblätter in der Mediane hinten. In weitaus der Mehrzahl der Fälle freilich umfaßt der mediane Rand des rechtsstehenden axoskopen Kelchblattes den zugewandten Rand des linken axoskopen Kelchblattes. Die Häufigkeit der abnormen Deckung wechselt aber nach der Stellung der Braktee und nach der Art.

3. **Die Kronblätter.**

Rekapitulation. Wie oben mitgeteilt, unterscheiden sich bei *Ensete* die Kronblätter von den Kelchblättern in mehreren Punkten, unter andern auch in der Anlage, indem das Kelchblatt sich sofort stark verbreitert und schmal sichelförmigen Querschnitt bekommt (Fig. 16 h), während das Kronblatt längere Zeit den rundlichen Querschnitt behält, der auch der Staubblattanlage zukommt. Ebenso wurde schon erwähnt, daß bei der *Zürcher Rhodochlamydee* (Fig. 15)

die Unterschiede in der Anlage von seitlichen Kron- und den Kelchblättern verschwinden. Auch das mediane Kronblatt hat hier gestrecktere Form und unterscheidet sich gleich den anderen Blütenblättern schon in der Anlage deutlich von den Staubblättern. Ferner wurde schon früher darauf hingewiesen, daß bei *M. Cavendishii*, *M.* (*parad.* subsp.) *sapientum*, der Zürcherbanane und *Musa discolor* die seitlichen Kronblätter der erwachsenen Blüte sich immer mehr in jeder Beziehung (Form, Anatomie, Farbe und Oberfläche) den freien Kelchblättern nähern, so daß schließlich nur ein relativ kleiner Größenunterschied bleibt, und daß sie in demselben Maße sich in jeder Beziehung vom medianen Kronblatt entfernen. Endlich wird im VI. Teil eingehend erörtert werden, daß bei *Ensete* eine vollständige Übergangsreihe vom schmalen fädigen, auf der gemeinsamen Basalzone inserierten seitlichen Kronblatt, also der gewöhnlichen Form, zu einem seitlichen Kronblatt mit genau gleicher Form und Insertion auf dem Blütenboden bei Spaltung des Kelches bis zum Blütenboden (Fig. 20) wie beim medianen Kronblatt vorkommt. Bei *Cavendishii* finden sich hingegen nur einige wenige, bei der Zürcherbanane und *discolor* gar keine entsprechenden Übergangsformen. Es wurde auch schon erwähnt, daß die Reduktion der seitlichen Kronblätter bei *Ensete* eine Folge ungenügenden Raumes zur Anlage resp. Entwicklung und der dadurch verschuldeten Verwachsung mit den älteren Kelchblättern ist. Die Annäherung in Form, innerem Bau etc. ist eben darin begründet, resp. in der Verschmelzung der basalen Teile infolge der Ausbildung der gemeinsamen basalen Wachstumszone (s. die spätern Ausführungen über die Umwandlung der die Fruchtwand bildenden Basalteile der Hülle und Staubblätter).

a) Die seitlichen Kronblätter.

Ihre Länge wechselt auch bei normaler Ausbildung. Das linke ist meist etwas kürzer als das rechte und (ich wiederhole, daß die rechtsstehenden Blüten etwas älter sind als die linken!) die der Blüten links in einer Schar kürzer als die der rechtsstehenden Blüten. Bei den Randblüten ist häufiger das äußere Blatt besser entwickelt als das innere. Außen- und Innenreihe zeigen meines Wissens keine durchgreifenden Unterschiede, so wenig wie Kelchblätter, medianes Kronblatt, Griffel und Fruchtknoten. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* fehlt das eine oder andere Blatt relativ häufig, auch bei *Cavendishii* fehlt oft das eine oder andere. Bei *Ensete* konnte ich jedoch völliges Fehlen nie sicher konstatieren. Doch gibt Wittmack für die obersten Blüten einer alten Infloreszenz völliges Fehlen eines Blattes an.

b) Das mediane Kronblatt. (Fig. 22.)

Es zeigt ebenfalls einen großen oder eher größeren Wechsel, je nach der Art, der es angehört, und nach der Stellung der betreffenden Blüte in der Schar. Unmittelbar vor (resp. während und nach?) dem Öffnen zeigt es starkes Wachstum und damit große Variation. Es legt sich stets als einheitliches Organ an und erhält dann bald dreieckige Form. Darauf entsteht bei *Ensete* durch starkes Wachstum der Mittelpartie und durch seitliche Flügelbildung die dreiteilige „Lippe“, indem die neben der Mittelspitze gelegenen

Partien durch die an die Hülle gepreßten oberen Teile der Filamente am Wachsen nach oben gehindert werden. Das seitliche Wachstum ist dagegen noch während längerer Zeit dadurch ermöglicht, daß die Filamentbasis von der Hülle etwas absteht. Das Wachstum der Mittelspitze ist durch die Reduktion des medianen innern Staubblattes erleichtert. Bei der *Zürcherbanane, M. Cavendishii* und *discolor* findet keinerlei merkliche Wachstumshemmung durch das Andrözeum statt, so daß die normal ungeteilte eiförmige bis ellipsoidische Gestalt des medianen Kronblattes dieser Arten nicht überrascht. Auffallend ist dagegen, daß das Wachstum unter diesen Umständen nicht ein stetigeres ist. Bei vor dem Aufblühen stehenden Knospen beträgt seine Länge bei der *Zürcher Rhodochlamydee* nämlich erst die Hälfte der definitiven Länge, die jedoch meist kurz nachher erreicht wird. Es besitzt schließlich fast die Länge der übrigen Hülle (Fig. 11 e und g). — Bei allen Arten besitzt das mediane Kronblatt fächerförmige Aderung, im Gegensatz zum parallelen Gefäßverlauf der Kelchblätter. — Sehr auffallend ist, daß das mediane Kronblatt auf jüngern Stadien bei

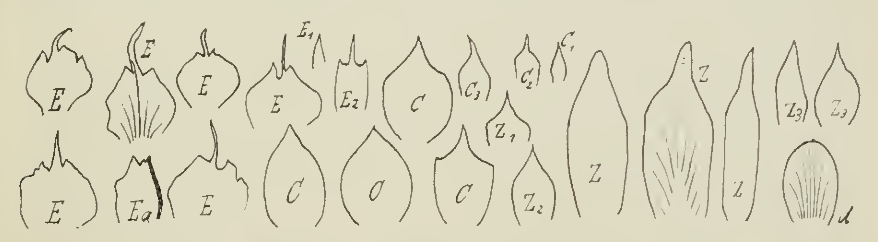


Fig. 22. Mediane Kronblätter nichtfruchtender Blüten.

E von *Ensete* (mit Ausnahme von E_1 u. E_2 alle aus derselben Schar), *C* von *Cavendishii*, *Z* von der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*), *d* von *M. discolor*. — *1*, *2* u. *3* bedeuten aufeinanderfolgende Jugendformen der betreffenden Art. *a* abnormes einseitig entwickeltes Blatt. — Alle Fig. $^2/_3$ nat. Gr.; nur *d* in $^1/_2$ nat. Gr.

Cavendishii und *Zürcher Rhodochlamydee* hie und da eine Verbreiterung des untern Teils und Andeutung seitlicher Spitzenbildung zeigt, unter Ausbildung einer ziemlich scharf abgesetzten Mittelspitze. Da durch die Wachstumsbedingungen der Blüte selber solche Bildungen nicht hervorgerufen werden, bleibt m. E. auch hier nur die Erklärung, daß diese Formen einen Rückschlag auf Bildungen der Vorfahren darstellen, d. h. daß das mediane Kronblatt auch dieser Arten früher ± dreiteilig war, was wieder weiter bedeutet, daß früher der gegenseitige Druck der wachsenden Organe auch hier eine wichtige Rolle spielte (s. oben: 1. Der mehrblättrige Hüllteil).

Wo die Hülle auch in der Mediane hinten verwachsen ist, so daß eine allseitig geschlossene ± hohe Perigonröhre entsteht, wie dies bei *Ens. II*, 2—3 mehrfach zu finden war, nimmt das mediane Kronblatt sofort die reduzierte Form der seitlichen Kronblätter an. Es zeigt damit wieder aufs deutlichste die Abhängigkeit der definitiven Form von den Wachstums-

bedingungen, die wieder durch den Kontakt und die Ernährungskonkurrenz der angrenzenden Kelchblätter als älteren Organen gegeben sind. (Vergl. damit auch die Angaben Penzigs über Korreletion bei *Orchideen*, insbesondere *Cypripedium*.)

Eine Abhängigkeit der Länge vom Geschlecht der Blüte ist nicht ausgeschlossen, wie bei Besprechung der sekundären Geschlechtsmerkmale gezeigt wird, doch aus dem vorliegenden sehr widersprechenden Material ist sie nicht sicher zu ermitteln. Regel ist dagegen eine freilich sehr schwankende Größenabnahme vom rechten Ende der Schar nach links.

Bei einem Vergleich der seitlichen Kronblätter mit dem medianen steht *Ensete* am tiefsten durch lückenlosen Übergang zwischen beiden Formen, geringste Unterschiede in der Insertionshöhe in Bezug auf Entfernung vom Blütenboden (Fig. 21), größte Übereinstimmung in der Lage der freien Teile sowie in der Farbe und durch scharfe Abgrenzung aller von den Kelchblättern. Nimmt man dagegen als Länge der seitlichen Blätter die Entfernung der Spitze vom Blütenboden — was ja auch durchaus berechtigt ist — so ist die *Zürcher Rhodochlamydee* nach der geringen Differenzierung der Länge der seitlichen und der medianen Kronblätter die primitivste Form, *Ensete* und *Cavendishii* wären dann ihr gegenüber spezialisiert. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* zeigen nun aber auch Kelch- und Kronblätter ebenfalls nur geringe Längenunterschiede, wenn die Länge vom Blütenboden an gemessen, also der in der gemeinsamen interkalaren Zone eingeschlossene Teil mitgerechnet wird. Hieraus läßt sich folgern, daß relativ lange Kronblätter, die den Kelchblättern an Länge ungefähr gleichkommen, ebenfalls primitiv seien, resp. der ursprünglichen Bananenblüte gleichkamen (wie sie sich übrigens auch bei anderen *Musaceen* noch finden). Wesentliche Stützen erhält diese Ansicht dadurch, daß das mediane Kronblatt von *Ensete*, das hinter dem seitlichen an Länge zurückbleibt, mechanisch im Wachstum gehemmt ist (und als in dieser Hinsicht rudimentäres Organ auch stark an Länge variiert). Ferner ist auch trotz der Begünstigung in Stellung und Anlagezeit nicht einzusehen, warum das im Wachstum mechanisch nicht gehemmte mediane Kronblatt der Zürcherpflanze vor, resp. während und nach dem Aufblühen plötzlich so stark wachsen sollte, wenn es eine nur geringe Länge ererbt haben sollte.

Eine Deckung der Kronblätter findet normaler Weise nicht statt, da sie nicht zur Berührung kommen. Bei lippiger Ausbildung eines oder zweier seitlicher Blätter kommt es jedoch zur Deckung, wobei das mediane in der Regel die seitlichen teilweise umfaßt, doch findet sich — freilich seltener — auch das Gegenteil. Auf die abnorme Stellung der Kronblätter ganz oder teilweise außerhalb der Kelchblätter bei der Zürcherbanane — die dort freilich die Regel ist — trete ich erst bei Besprechung der abnormen Blüte ein.

4. Entstehung der homoiochlamydeischen petaloiden Hülle und der heterochlamydeischen Hülle.

Rekapitulation. Bei Besprechung der Blütenhülle im I. Teil: Orientierung, und im III. Teil: Ontogenie, sowie auf den vorangehenden Seiten habe ich mitgeteilt, daß sich bei den nichtfruchtenden[1]) Blüten von *M. Ensete* die Kronblätter, trotz der Verschiedenheit der medianen und der seitlichen, gemeinsam und scharf von den Kelchblättern unterscheiden und zwar in Oberflächenbeschaffenheit, Anatomie, Anlageform, Anlagezeit und — bei der freilich wenig ausgesprochenen Färbung der Kelchblätter von *Ensete* — auch in der Farbe. Ebenso ist bemerkt worden, daß der kreisförmige Querschnitt der Kronblattanlage mit dem der Staubblätter übereinstimmt, so daß sich die beiden Organkategorien nur durch ihre Stellung und die Zeit der Anlage unterscheiden. Bei den nichtfruchtenden Blüten von *M.* (*paradisiaca* subsp.) *sapientum* wird einerseits die Differenzierung innerhalb der Kronblätter stärker, indem das mediane in der Mehrzahl der oben erwähnten Punkte demjenigen von *Ensete* im Prinzip gleichbleibt, während die seitlichen in Form, Farbe und Oberflächenstruktur sich den Kelchblättern nähern. Andererseits scheiden sich alle Kronblätter bei diesen und verwandten Arten nach den Angaben der Autoren sehr früh von den Staubblättern und nähern sich in Querschnitt und Zeit der Anlage sowie auch räumlich den Kelchblättern. Dazu kommt bei *M.* (*paradisiaca* subsp.) *sapientum* eine ausgesprochene (dunkelrote) Färbung des mehrblättrigen Hüllteils, und zwar zeigen Kelchblätter und seitliche Kronblätter hierin keinen Unterschied. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* ist die Trennung aller Kronblätter von den Staubblättern in Form und Zeit der Anlage eine noch durchgreifendere, die Annäherung der seitlichen Kronblätter an die Kelchblätter eine noch vollständigere, die Differenzierung in mediane und seitliche Kronblätter damit zugleich in den hier behandelten Punkten eine maximale. Auf die Streckung des medianen Kronblattes und seine anfangs schmale, wenn man will ± kelchartige Umrißform ist oben in anderem Zusammenhange hingewiesen worden. Wie die *Zürcher Rhodochlamydee* verhält sich die nichtfruchtende Blüte von *M. discolor*, nur daß ihr mehrblättriger Hüllteil dunkelrot ist wie bei *M.* (*paradisiaca* subsp.) *sapientum*, während sie bei der *Zürcher* und den andern *Rhodochlamydeen* gelb ist. *M. paradisiaca* subsp. Zürich steht gegen Ende der Blütezeit *M. discolor* nahe, zeigt aber auffallender Weise Gelbfärbung im oberen Drittel des mehrblättrigen Hüllteils.

In diesem Zusammenhange sind zwei weitere Beobachtungsreihen wichtig.

1. Der Farbänderung des mehrblättrigen Hüllteils geht eine Farbänderung der Tragblätter und auch anderer Teile, wie der Antheren ev. Pulpa, Fruchtknoten, Infloreszenzachse und Infloreszenzträger parallel. Der Parallelismus geht soweit, daß wenigstens an Teilen beider (resp. noch weiterer Organe) dieselbe Farbe resp. entsprechende Nüancen auftreten. Die Änderung der Farbe geht ferner parallel mit der fortschreitenden Rückbildung der Tragblätter, die sich in der Abnahme der

[1]) Ich beschränke auch hier die Angaben fast ganz auf die nichtfruchtenden Blüten, da mir nur von diesen frisches oder in frischem Zustand konserviertes Material vorlag.

Länge, Breite und Tiefe zeigt (sowohl absolut gemessen als beim Vergleich mit bestimmten Blütenteilen oder dem Achsendurchmesser etc.). Ich halte diesen Parallelismus für eine der auffallendsten Eigenschaften des Genus und die jeweilige Färbung für ein wertvolles Merkmal nicht nur der Art, sondern auch des Subgenus, resp. der Organisationshöhe. Ich habe die entsprechenden Angaben deshalb im I. Teil, p. 28 ff., relativ stark verwertet. Anderseits muß hier nochmals nachdrücklich auf die Variabilität der Farben hingewiesen werden (siehe den Wechsel von Rot bis Weiß bei der *Zürcher Rhodochlamydee*, die wechselnden Angaben über *M. rosacea*, die Gelbfärbung der Tragblätter *M. Ensete IV.* nach Versetzung vom Freien ins Gewächshaus, Variabilität der Laubblattfärbung etc.). Aber auch bei Berücksichtigung der individuellen und des abweichenden Verhaltens einiger Arten (besonders des so wenig einheitlichen Subgenus *Eumusa*) lassen sich doch folgende Zusammenhänge deutlich erkennen:

M. Ensete, resp. Subg. *Physocaulis:* Tragblatt grün, die laubgrüne Farbe aber von der Spitze her ± mit trübem Violettrot oder ähnlichen Farben überdeckt; doch fehlt eine charakteristische nicht grüne Eigenfarbe. Der mehrblättrige Hüllteil ist farblos („weiß") resp. mit schwacher bräunlicher oder bräunlichroter Tönung. Charakteristischer Weise fehlen diesbezügliche Angaben meist. — Die Tragblätter sind gut entwickelt, lang und dick, persistent und hemmen den Lichtzutritt[1]) zu den jüngsten Organen in hohem Maße, zumal die Zahl der den Infloreszenzkolben bildenden Tragblätter eine weit größere ist als bei den andern Subgenera. — Die Farbcharaktere sind am besten zu definieren durch: Fehlen einheitlicher nichtgrüner Färbung, vor allem Fehlen gelber Färbung, Dominieren grüner Farbe am Tragblatt. Lang dauernder Lichtabschluß von den jungen Organen.

M. (paradisiaca subsp.) *sapientum*, *Musa discolor*, *M. paradisiaca* subsp. Zürich und die weit überwiegende Mehrzahl der Arten des Subgenus *Eumusa:* Tragblatt durch und durch dunkelpurpurrot (bei primitiven Formen mit persistenten Tragblättern etc. auch mit ± Grün, bei andern und z. T. sehr abweichenden Arten resp. Varietäten ± gelb bis rein gelb), recht oft mit dickem blauem Wachsüberzug der Außenseite. Mehrblättriger Hüllteil ebenso ausgesprochen und einheitlich dunkel purpurrot bei *Musa paradisiaca* subsp. Zürich im obern Teil mit Gelb gemischt, bei wenigen Formen Gelb vorherrschend (Anmerkung 3, p. 265). — Die Tragblätter sind kürzer, dünner, weniger persistent und wenig zahlreich. Hierdurch und wohl auch infolge des Auftretens von nur einer Farbkomponente ist dem Licht der Zutritt zu den jungen Organen wohl weit früher möglich als bei den Physokaulideen. — Das Subgenus ist also in seinen meisten Vertretern charakterisiert durch Auftreten

[1]) Siehe Materialbeschreibung, insbesondere *Zürcher Rhodochlamydee*. Es ist zu bemerken, daß bei Tragblatt und Blüten die Farben relativ spät auftreten; ferner läßt sich leicht feststellen, daß bei beiden die Färbung von der Spitze nach der Basis fortschreitet, was aus den geschilderten Verhältnissen leicht verständlich ist. Ebenso ist leicht festzustellen, daß die Tragblätter sich vor den Blüten zu färben beginnen.

einer intensiven und zudem einheitlichen, nicht grünen dunklen Eigenfarbe, die dem Tragblatt und dem mehrblättrigen Hüllteil überdies gemeinsam ist. Sehr häufig ist starke Bereifung des Tragblattes, die Regel ist auch hier das Fehlen gelber Farbe. Wo letztere auftritt, ist sie nicht auf die Spitze des Tragblattes beschränkt und von anderen Farben nicht so scharf abgesetzt wie bei den folgenden.

Die *Zürcher Rhodochlamydee* = *M. rosacea?* resp. subg. *Rhodochlamys:* Tragblatt wenigstens teilweise (*M. coccinea*), meist aber ganz mit einer hellen weithin auffallenden Nüance von Rot (inde nomen! p. 245, Anm. 1) und häufig, wenn nicht immer mit dottergelber Färbung der äußersten Spitze. Während letztere Farbe wenig individuelle Schwankungen zu zeigen scheint, ändert der hellrote Grundton leicht und stark (mit Lichtschwankungen bei der untersuchten Art) und geht durch verschiedene Nüancen und Lila in Weiß über. Der mehrblättrige Hüllteil ist rein dotter- oder goldgelb oder wird ± weiß. — Die Tragblätter fallen meist wenige Stunden nach dem Öffnen ihrer Blüten ab, sind kurz und schwächlich. Nur relativ wenige bilden den Infloreszenzkolben. Die jungen Organe gelangen also wohl schon auf noch relativ recht jungen Stadien zum Lichtgenuß. — Gesamtcharakter: Allgemeine Reduktion des Tragblattes unter Aufhellung der roten Farbe bis zum Farbverlust und unter Auftreten von Gelb an Tragblattspitze und an dem mehrblättrigen Hüllteil. Tragblatt ohne intensiven Reifüberzug. Junge Organe auf relativ recht frühen Stadien vom Licht beeinflußt?

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich aber mit Sicherheit, daß die Farbänderungen der Hülle in der Hauptsache auf den Stoffwechselbedingungen der ganzen Infloreszenz[1]) beruhen und nicht auf Besonderheiten im Stoffwechsel der Kronblätter, wie dies sonst die Regel zu sein scheint. Die früher betonten nahen Beziehungen von Kelch und Brakteen und die immer schärfere Differenzierung der Kronblätter in zwei seitliche und ein medianes weisen ferner daraufhin, daß im Bereich der Blüte bei den Bananen die Kelchblätter für die Farbe des mehrblättrigen Hüllteils maßgebend sind. Mit anderen Worten: die seitlichen Kronblätter schließen sich auch in der Farbe immer mehr den Kelchblättern an, nachdem sie durch immer größere Annäherung in Zeit und Raum der Anlage und immer frühere und stärkere Entwicklung der gemeinsamen basalen Wachstumszone und endlich Insertion auf derselben als ± unbedeutende, rudimentäre Organe immer mehr in die Einflußzone der ältern und weit kräftiger wachsenden Kelchblätter geraten sind.

2. Die zweite Reihe hier wichtiger Beobachtungen betrifft die Gestalt der Blütenhüllblätter in abnormen Bildungen. Bei Fruchtblüten von *Ensete* ist häufig das eine und zwar bald das linke und bald das rechte (oder auch beide) seitliche Kronblatt

[1]) Daher auch gelegentlich entsprechende Färbung von Infloreszenzachse, sogar Infloreszenzträger.

ähnlich (Fig. 20) oder genau gleich entwickelt wie das mediane. Der Unterschied von Kelch- und Kronblättern ist ein durchgehenderer und fällt bei der verschiedenen Form, Aderung, Oberflächenbeschaffenheit und deutlicher, wenn auch nicht sehr großer Farbendifferenz sofort auf. Dies ist um so bedeutungsvoller, als die betreffenden Blüten zugleich chorisepal und aktinomorph, also in sehr bedeutungsvollen Eigenschaften auffallend primitiv sind. Das Verhalten der nichtfruchtenden Blüte und der Mehrzahl der (meist oberhalb der erwähnten Abnormitäten inserierten) Fruchtblüten stellt damit schon eine weit vorgeschrittene Stufe in der Differenzierung der Kronblätter und der Annäherung der seitlichen Kronblätter an die Kelchblätter dar.

Daß bei der Differenzierung der Kronblätter lokale Faktoren, die auf das einzelne Primord im wesentlichen beschränkt sind, eine Rolle spielen, ergibt sich daraus, daß neben obigen Pelorien auch eine zweite Gruppe — allerdings weit seltener — vorkommt, bei denen auch das mediane Kronblatt den fädigen Bau der seitlichen hat. Es ist dabei stets ebenfalls am obern Rand der Perigonröhre inseriert, die hier median ebenso geschlossen ist, wie auf den Seiten.

Ein weiterer Beweis liegt im Auftreten folgender Mittelform:

Fig. 23 a—c. Axoskopes Kelchblatt von *M. Ensete*, dessen mediane Hälfte ganz die Form und Struktur eines medianen Kronblattes hat. Das echte mediane Kronblatt findet sich daneben an üblicher Stelle. Zu betonen ist, daß die Annäherung hier im umgekehrten Sinne verläuft, daß der Kelch kronblattartig wird. Für eine Erklärung fehlt jeder Anhaltspunkt.

Der mehrblättrige Hüllteil der höher spezialisierten Bananenarten erinnert nun in jeder Beziehung an das bunte Perigon der meisten *Liliazeen* und anderer Monokotylen. Der durch Freibleiben des medianen Kronblattes der Bananen gegebene Unterschied ist prinzipiell nicht von Bedeutung. weil er auf lokalen Wachstumsbesonderheiten beruht. Ich erlaube mir daher ihn zwecks Hervorhebung des Wesentlichen in den folgenden Zeilen zu vernachlässigen.[1])

Der perigonartigen Hülle der spezialisierten Arten steht die der pelorischen Fruchtblüten mit 2—3lippigen Kronblättern und scharfer Trennung von Kelch und Krone gegenüber, d. h. eine ausgesprochen heterochlamydeische Blüte nach Form und Anatomie der Blätter, zudem mit deutlicher Farbenverschiedenheit beider Kreise. Von der üblichen eigentlichen heterochlamydeischen Blüte weicht sie nur dadurch ab, daß ihr Kelch nicht grün ist. Das Fehlen von Grün am Kelch kann mit der Entwicklung im

---

[1]) Wie die im vorletzten Absatz erwähnten Pelorien mit allseitig geschlossener Perigonröhre und drei fädigen rudimentären Kronblättern zeigen, lag für die Bananenblüte sogar die Möglichkeit zur Bildung einer entsprechenden einheitlichen Hülle ohne Differenzierung der Kronblätter unter sich vor. Die Hülle hätte dann im Prinzip etwa den Anblick von Hyazinthen-, resp. Muscariblüten mit buntem sechszipfeligem bis sechsspaltigem Perigon geboten.

Dunkeln begründet werden, bildet deswegen wohl keinen prinzipiellen Grund, diese Blüten nicht als ursprünglich echt heterochlamydeisch aufzufassen. Wenn dies aber erlaubt ist, so ist auch der Nachweis erbracht, daß hier aus einer heterochlamydeischen Hülle resp. Blüte eine homoiochlamydeischpetaloide Hülle resp. Blüte entstanden ist, und daß das bunte korollinische Perigon hier also etwas Sekundäres ist, wiewohl es durch seine Einheitlichkeit gegenüber der differenzierten heterochlamydeischen Hülle nach bekannten Regeln als primitiv angesehen werden könnte.

Hieran knüpft sich naturgemäß die Frage, ob dieser Feststellung eine Gültigkeit auch außerhalb der Bananen zukomme. Leider sind solche Untersuchungen schon bei den andern *Musazeen* fast ganz aussichtslos, weil alle Gattungen (wie übrigens oft auch *Musa*) als homoiochlamydeisch beschrieben sind, die Literatur also keine Hinweise bietet. *Kannazeen* und *Marantazeen*

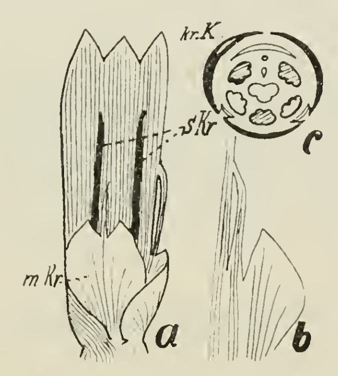


Fig. 23. *M. Ensete II.* Abnorme Kelchbildung.

a Blüten von hinten, ohne Sexualorgane. *b* Kronblattartige Hälfte des linken Kelchblattes, von innen. *c* Diagramme der betreffenden Blüte. *kr.K* Kronblattartiger Kelchteil.

sind heterochlamydeisch (allerdings öfters mit bunter Färbung von Kelchteilen). Nur bei den *Zingiberazeen* scheinen noch beide Hülltypen in scharf unterschiedenen Formen vorzuliegen. Doch ist bei ihnen wie bei den *Mikrospermae*, *Iridaceae* und *Asparagoideae*, wo ebenfalls beide Hüllformen nebeneinander vorkommen, die Gewinnung annähernd ebenso sicherer Resultate wie bei *Musa* dadurch sehr erschwert, daß es sich dort nicht um Angehörige einer Gattung, und zudem nicht um Gattungen mit so extremen, teils primitiven, teils hochspezialisierten Formen handelt wie bei *Musa*.

Die Frage ist aber nicht nur wegen der Beurteilung der Familien der Monokotylen wichtig, sondern auch mit Rücksicht auf die strittige Stellung der Monokotylen zu den Dikotylen. Ein Beitrag zur Lösung dieser Frage ist auch so zu erreichen, zumal die Verteilung der beiden Blütentypen in beiden Klassen sehr ungleich ist. Bei den Dikotylen, die ja von mehreren Forschern neuerdings als primitiv angesprochen werden, ist bei insektenblütigen Pflanzen heterochlamydeische Ausbildung vorherrschend, gleichmäßig bunte Färbung von Kelch und Krone dagegen äußerst selten (z. B. *Salvia splendens*). Bei den insektenblütigen Monokotylen ist dagegen ein buntes Perigon wohl im ganzen

häufiger als eine ausgesprochen heterochlamydeische Hülle. Sollte die Frage nach dem Zusammenhang der beiden Blütenformen allgemein in obigem Sinne, d. h. der Ableitung des bunten bikorollinischen Perigons von der heterochlamydeischen Hülle entschieden werden, so wäre für die Stellung der Dikotylen zwischen Gymnospermen und Monokotylen eine sehr beachtenswerte neue Stütze geschaffen.

Von Änderungen der Nomenklatur resp. einem obigen Resultat entsprechenden Ausbau derselben sehe ich hier ab, wiewohl ich mir von einer Benennung, die mehr als bisher auf dem mutmaßlichen genetischen Zusammenhang basieren würde, eine wesentliche Erleichterung und Förderung solcher Studien und damit eine wichtige Klärung des Systems verspreche. Für den jetzigen Stand ist ja zur Genüge kennzeichnend, daß zur Bezeichnung der Blütenhüllen, gleichviel welcher Art, zwei Fremdwörter zur Verfügung stehen: Perianth (früher auch nur für Kelch verwendet mit Ausschluß der Krone!) und Chlamys (letzteres freilich meist in Zusammensetzungen verwendet) und daß ferner das Wort Perigon sowohl für eine Hülle aus einem als aus zwei Kreisen und hier wieder für kelchartige, brakteoide oder prophylloide und zugleich für kronartige petaloide resp. korollinische Ausbildung verwendet wird. Dasselbe gilt für homoiochlamydeisch; auch dieses Wort umfaßt nach obigem verschiedene Typen, die nicht zusammengehören nach ihrer Entstehung, sondern ihre Gleichartigkeit wenigstens z. T. sekundären Umbildungen verdanken. Für die üblichste Ausbildung der Blütenhülle der Dikotylen endlich, die heterochlamydeische, fehlt eine kurze Bezeichnung (mit Ausnahme der deutschen Bezeichnung Kronblüte).

B. Die Staubblätter.

Rekapitulation: Die Staubblätter stehen zu 5 oder 6 scheinbar in einem Kreise, legen sich aber in zweien an. Aus der Ontogenie zeigt sich, daß ihre Zahl durch die räumlichen Verhältnisse bei der Anlage bedingt ist. Ebenso ist die Gesamtlänge, die gestreckte Form der Antheren, ihre basifixe Verbindung mit dem Filament und etwas geringere Länge der Filamente der inneren Staubblätter ursprünglich durch die Raumverhältnisse verursacht. Wo bei Fruchtblüten Staubgefäße vorkommen (*Ensete*), sind sie kürzer als in nichtfruchtenden Blüten. Meist fehlt ihnen in den Fruchtblüten die Anthere; auch die Filamentlänge nimmt mit höherer Organisation bei diesen Resten ab; bei den Fruchtblüten der *Zürcher Rhodochlamydee* fallen sie unter Hinterlassung von scharfumgrenzten Narben auf dem Blütenboden ab. — Bei *M. Cavendishii* fehlt wenigstens den obersten, wenn nicht allen nichtfruchtenden Blüten das Vermögen, in den Antheren Pollen zu erzeugen.[1])

Die äußere Entwicklung des Staubblattes vollzieht sich, wie ja auch in vielen anderen Fällen, in 3 Etappen. Erst entwickelt sich die ganze Anthere bis zu voller Größe, dann erst das Filament. Als 3. Etappe reiht sich die der Pollenreifung an. Bei *Ensete* wächst das Filament so lange, bis die Anthere allseits im weiteren Vordringen gehemmt wird. Das bisher schwache Filament

---

[1]) Solche Rückbildungen finden sich übrigens auch bei Varietäten von *M. parad.* subsp. *sapientum*. Tischler erwähnt in seiner letzten Arbeit, p. 51, für die Rasse „Kipanji“ sogar völligen Verlust der ♂ Blüten, resp. der Blüten am Infloreszenzende.

kräftigt sich nun, krümmt sich im untern Teil nach außen und hilft so beim Öffnen der Blüte mit. Bei den andern Arten füllen die Sexualorgane die Blüte nicht aus. Die Filamente zeigen deshalb keine Krümmung. Das Öffnen der Blüte erfolgt bei ihnen ohne Hilfe der Sexualblätter.

1. Unterschiede nach der Art.

Die fertigen Staubblätter der verschiedenen Arten zeigen große Übereinstimmungen im Gesamtbau wie in den Proportionen von Filament und Anthere. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Farbe der Anthere, z. B. dunkelrotbraun bei *Ensete,* gelb bei *Zürcher Rhodochlamydee.* Das Konnektiv und das obere Ende des Filaments zeigen bei *Ensete* eine der Antherenfärbung entsprechende Tüpfelung. Das Filament ist weiß. Der einzige mir noch bekannte ± durchgreifende Unterschied ist die Krümmung des Filaments und die Druckspuren auf dem Querschnitt bei den Arten mit Verklebung der Ränder des mehrblättrigen Hüllteils, gerades Filament

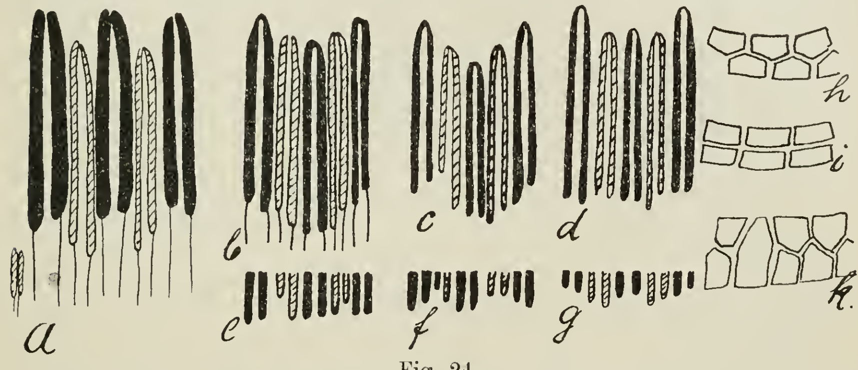


Fig. 24.

a—g Antherenlängen nach frischem Material. Mit schwarzen Antheren: äußerer Kreis; mit schraffierten Antheren: innerer Kreis. Med. inneres Staubblatt meist weggelassen. *a* Normale Differenzen bei allen Arten. *b—g* Extreme Abweichungen bei der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea*?); in der untern Reihe nur die Antherenenden gezeichnet. *h—k* Blütenanordnung in zweireihiger Schar; *h* normal, *i* superponiert, *k* durchbrechend. Oben die innere, unten die äußere Reihe (s. Fig. 1).

und rundlicher Querschnitt bei den andern. Bei letzteren findet sich zudem öfter eine deutliche Konnektivverbreiterung [1]) (s. p. 349).

2. Unterschiede der Blätter des äusseren und inneren Kreises. (Fig. 24.)

Fast ganz wurde bisher übersehen, daß sich die Blätter der beiden Kreise unterscheiden. Meines Wissens hat einzig Crüger darauf aufmerksam gemacht, daß das Filament der innern Blätter kürzer ist (die Antheren zeigen keine wesentlichen Differenzen!), indem es bei ihnen etwas später zur Entwicklung kommt als bei den äußern. Bei allen untersuchten Infloreszenzen [2])

---

[1]) Normal und sehr groß ist diese Verbreiterung z. B. bei *M. Basjoo* (s. Möb. II, p. 46, Fig. 28), doch ohne Differenzierung der Kreise in diesem Punkte.

[2]) Trockenes Material eignet sich hierzu meist gar nicht.

aller 5 Arten fand ich diese Regel stets bestätigt, so daß ich alle damit in Widerspruch stehenden Abbildungen (und sie bilden die Regel!) für durchaus verbesserungsbedürftig halte. Andererseits wird für *Musa coccinea* Asymmetrie der Antheren erwähnt, jedoch ohne Angabe, ob sie überall oder nur bei einzelnen zu finden sei. Ich fand solche Asymmetrie stets bei den seitlichen Blättern beider Kreise, während die medianen Blätter fast stets symmetrisch aufgebaut sind (s. u.), so daß ich an der allgemeinen Verbreitung dieser Besonderheit nicht zweifle, wiewohl die Abbildungen auch hiervon nichts zu zeigen pflegen.

Die Crüger'sche Regel über die Längendifferenz ist immerhin dahin zu korrigieren, daß die äußeren Staubblätter (abgesehen von Ausnahmefällen) länger sind als die innern, daß aber das mediane äußere, besonders der äußern Blütenreihe in zweireihigen Scharen, wieder kürzer ist als die seitlichen äußern und oft nur so lang wie die seitlichen innern. Dies Staubblatt, das in erster Linie (durch die Blütenhülle) im Kontakt mit der Braktee steht (bei zweireihigen Scharen natürlich nur das der Außenreihe) ist entsprechend stärker im Längenwachstum gehemmt als die seitlichen, denen es Raum schafft. In der Innenreihe ist es zwischen die Blüten der Außenreihe eingeklemmt, nach oben aber nur durch die Hülle gehemmt und daher im allgemeinen besser entwickelt.

Die in der Mediane stehenden Staubblätter, gleichgiltig ob dem innern oder äußern Kreise angehörig, sind fast stets streng symmetrisch gebaut, die seitlichen dagegen asymmetrisch und zwar ist die Asymmetrie meist bei den innern weit stärker ausgeprägt. Regel ist, daß die medianwärts gerichtete Antherenhälfte (also die axoskope (s. Fig. 2) beim äußern hintern, die phylloskope beim innern und vordern Staubblatt) tiefer reicht. Doch finden sich mannigfache Abweichungen beim einen und andern Blatt, so daß das Andrözeum als ganzes oft etwas unsymmetrisch ist (s. die Fig. 24c). Immerhin ist es auf Grund dieser Asymmetrie und der Längendifferenzen fast stets möglich, in gleicher Höhe abgeschnittene Staubblätter einer Blüte wieder richtig zusammenzustellen!

Als Hilfsmittel kommt noch dazu, daß die Filamente, besonders bei *Ensete* (selten bei den andern Arten) oft je nach der Zugehörigkeit zum einen oder andern Kreis nahe der Basis verschiedenen Querschnitt zeigen; bei den innern, die vor den Suturen des Griffels, zwischen 2 Fruchtblättern und 2 Staubblättern stehen, ist er sehr häufig $\pm$ rautenförmig bis trapezoid[1]), auf dem Radius verkürzt, bei den seitlichen äußern, die vor den Fruchtblättern stehen, dagegen in der Regel rundlich keilförmig (bis stumpf dreieckig), die Spitze nach innen. Wo die Staubblättter entgegen der üblichen definitiven Stellung in einem Kreis deutlicher in 2 Kreise gesondert sind, ist der Querschnitt etwas modifiziert. Es können dabei die innern Staubblätter mehr nach innen stehen,

[1]) Vergleiche den Querschnitt in Möbius II, p. 47, Fig. 29 A.

oder auch mehr nach außen treten, so daß sie außerhalb der äußeren stehen. Es liegt dann Obdiplostemonie vor (nur einmal in guter Ausbildung beobachtet!).

Bei *Cavendishii* ist das Konnektiv und Filament der äußern Staubblätter oft viel breiter als das der innern. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* tritt dieser Unterschied noch regelmäßiger auf, doch weniger extrem.

3. Abhängigkeit der Ausbildung des medianen innern Staubblattes von andern Blütenteilen und von der Stellung der Blüte in der Schar.

Bei *Ensete* ist die Variation des medianen innern Staubblattes eine sehr große. Lange bemühte ich mich vergeblich, eine Ursache für die Größe in jedem einzelnen Falle zu finden. Die schließlich erlangten Resultate sind folgende für die nichtfruchtenden Blüten:

1. Wo das mediane Kronblatt fädig entwickelt ist, ist das 6. Staubblatt auffallend groß und wo das mediane Kronblatt sehr groß ist, ist das Staubblatt oft auffallend klein.

2. Ein Zusammenhang mit der Größe der andern Staubblätter, insbesondere der benachbarten äußern, oder mit dem Griffel war trotz sehr zahlreicher Messungen nicht zu finden.

3. Summiert man in zweireihigen Scharen die Länge des medianen innern Staubblattes einer großen Zahl von Blüten der Innenreihe und vergleicht sie mit der Summe einer entsprechenden Zahl von Blüten der Außenreihe derselben Brakteen, oder vergleicht man nur die Länge von Staubblättern, die über ein gewisses Minimum hinausgehen, so zeigt die Außenreihe in der Regel höhere Zahlen als die Innenreihe. Die Mediane der Blüten der Innenreihe berührt nach innen die darüber folgende Braktee (derselben Dreierzeile), so daß der Blütenquerschnitt dort abgestumpft wird (Fig. 24h); also Wachstumshemmung, insbesondere des rudimentären Organs (oft auch der seitlichen äußern Staubblätter). Die entsprechende Stelle der Blüte der Außenreihe springt zwischen den Blüten der Innenreihe vor (Fig. 24h), so daß die darauf befindlichen Organe weniger gehemmt sind. (Vergl. dazu oben unter „2. Unterschiede der Blätter des äußern und des innern Kreises“ das Verhalten des medianen äußern Kelchblattes!)

4. Wo ausnahmsweise die Blüten der Außenreihe mit denen der Innenreihe nicht alternieren, sondern der Innenreihe superponiert sind (Fig. 24i), so daß der Tiefenquerschnitt, besonders aber die innere mediane Ecke in der Ausbildung gehemmt ist, ist auch das 6. Staubblatt der Außenreihe sehr stark gehemmt.

5. Wo eine Binnenblüte einer Reihe sich weit zwischen oder ganz durch die andere Reihe schiebt, so daß sie von einer Braktee ± zur andern reicht (Fig. 24k), tritt (neben Vermehrung der Zahl der Organe eines Kreises und andern Abnormitäten) meist auch bessere Ausbildung des 6. Staubblattes auf.

6. Summiert man die Länge der medianen innern Staubblätter des rechten Endes, der Mitte und des hintern Drittels jeder Schar, so daß auf jede Gruppe gleichviel Blüten entfallen, so nimmt die Summe der Längen von rechts nach links ab. Bei der sehr großen Variation ist jedoch eine Berücksichtigung der Summen aus mehreren Scharen geboten.

7. Die Randblüten links und rechts, noch mehr deren nächste Binnenblüten zeigen oft auffallend große mediane innere Staubblätter, wie auch ihr Blütenbodenquerschnitt weit größer ist als der der Binnenblüten.

8. In den Fruchtblüten von *Ensete* ist das mediane innere Staubblatt ebenso gut, bei *Cavendishii* fast so gut entwickelt als die andern (détails s. oben). Der Blütenboden ist hier relativ sehr groß, also viel Platz zur Entwicklung vorhanden.

Die Größe des medianen innern Staubblattes ist also im allgemeinen bedingt durch den Querschnitt der Blüte — resp. die Größe des Blütenbodens, ferner durch den Umstand, ob die mediane hintere Ecke desselben durch Druck im Wachstum gehemmt ist oder nicht — durch die Ausbildung des medianen Kronblattes und endlich durch die Entfernung vom rechten Ende der Schar, indem die Ausbildung der Blüten von rechts nach links allgemein abnimmt.

4. Der Pollen.

Der schwachgrüne bis gelbe Pollen von *M. Ensete* ist bekanntlich mit halbkugeligen grünlichen Warzen besetzt, deren Zahl schwankt. An ein und demselben Pollenkorn ist die Verteilung bei genauem Zusehen etwas verschieden, so daß eine Feststellung der Zahl sehr erschwert ist. Eine für den Austritt des Schlauches bestimmte und besonders geformte Stelle konnte auch ich nicht finden. — Der Pollen der *Zürcher Rhodochlamydee* ist durchaus glatt wie der der meisten Bananen.

Die Angabe, daß der Pollen von *Ensete* schon in der Anthere austreibe (so auch von Wittmack bei einem Exemplar konstatiert) ist von Palla nachgeprüft worden mit dem Resultat, daß eine Verwechslung der Pollenschläuche mit langgestreckten Zellen der Antherenwand vorliege, die mit dem Pollen abgelöst werden.[1]) Ich muß auf Grund meines Materials das Vorkommen von Pollenschlauchbildung in der Anthere bestätigen, immerhin mit der Einschränkung, daß bei *Ensete II* eine solche sozusagen ganz fehlte (in Übereinstimmung mit dem von Palla untersuchten Exemplar und dem 2. Exemplar Wittmacks) und nur in den ganz vertrockneten Pollenmassen einiger welker Blüten unsichere Spuren

[1]) Nach Möbius II, p. 47, findet sich in der äußern Antherenwandung von jedem Pollenfach bei *M. Basjoo* eine Wucherung, die unter der Epidermis große Schleimzellen enthält (s. seine Fig. 29 B und Fig. 28). Diese sonst nicht bekannte Bildung, deren biologische Bedeutung unbekannt ist, stellt wieder etwas ganz anderes dar als die Pollenschläuche oder die von Palla beschriebenen Gebilde.

davon zu finden waren. Bei *Ensete I* fand sie sich dagegen in jeder geöffneten oder sich öffnenden Blüte, so daß die Schläuche an der Antherenbasis am längsten waren (bis ca. 10 Pollenkorndurchmesser) und nach oben, soweit die Anthere noch nicht geöffnet war, immer kürzer wurden oder ganz fehlten. Ich hatte den Eindruck, daß das Öffnen der Anthere der Schlauchbildung folgt, also ± von ihr hervorgerufen wird. Zu einer genauen Untersuchung hatte ich keine Zeit. Der Pollenschlauch hat übrigens ein durchaus anderes Aussehen als die von Palla an seiner Stelle untersuchten Gebilde. Er steht mit dem einen Ende stets senkrecht auf der Oberfläche des Korns (ich fand auch nie einen Pollenschlauch, der nicht mehr in Verbindung mit dem Korn gewesen wäre!) und krümmt sich entweder kurz nach dem Austritt oder später oder bleibt ziemlich gerade. Es herrscht also in den Formen durchaus keine Konstanz. Sein Durchmesser ist etwas kleiner als der Radius des Pollenkorns, nach dem freien Ende zu wieder ein klein wenig vergrößert. Der Schlauch besteht aus einer einzigen Zelle.

Nach Tischler (s. auch die eben erschienene Arbeit von d'Angremond) verläuft die Pollenentwicklung überaus unregelmäßig bei den meisten Rassen von *M. sapientum* („Tetraden"[1]) bis zu 10 Teilkörnern). Trotzdem kann auch hier normale Schlauchbildung erzielt werden. Bei den afrikanischen Rassen *Dole* und *Tebwa* fand Tischler bereits in den Antheren alle möglichen Keimstadien des Pollens. Für var. *Lualua* zeichnet er ihn ca. 6 Pollendurchmesser lang und ca. $^1/_5$—$^1/_3$ so breit mit auffallend schwankender Kontur, wie ich sie bei *Ensete* nie fand. Sehr beachtenswert ist, daß die Reduktion auf verschiedenen Stadien einzusetzen scheint und daß eine Veränderung der Chromosomenzahl (8, 16 und 24) und der Kerngröße (314, 636 und 912) bei den Rassen *Dole, Radjah* und *Kladi* (der Pollen und Samenreduktion parallel?) zu finden ist. Die Ausdehnung dieser Untersuchungen auf *Ensete* als primitive und auf *Cavendishii* etc. als höchststehende Formen wäre von Interesse.

C. Das Gynoeceum.

Wegen des engen Zusammenhangs mit dem Geschlecht und der Einteilung der Blüten kann ein großer Teil der Eigenschaften der Fruchtblüte erst im folgenden Teil besprochen werden. Es gehören hierher vor allem die Reduktion des Fruchtbildungsvermögens, der Samenfächer und des Griffels nach der Infloreszenzspitze hin, die Differenzen in der Ausbildung der Samenlagen und parallele Änderungen an den Staubblättern und der Blütenhülle. Das Wesentlichste in dieser Hinsicht zeigt eine Prüfung von Tafel I.

---

[1]) Nach Möbius II, p. 48, hat der ganz junge Pollen bei *M. Basjoo* eine kugeltetraedrische Form (s. seine Fig. 29 C), als Beweis der bei Monokotylen sonst seltenen tetraedrischen Teilung der Urmutterzelle. Vergl. meine spätern Angaben (V. Teil) über auffallend große tetraedrische Pollenkörner ohne Kern und Protoplasma in der Fruchtregion von *Ensete*.

Hier sei nur erwähnt, 1) daß ich den dicken Griffel der Trugfrüchte nicht für eine ursprüngliche Bildung halten kann, sondern als durch Hypertrophie aus dem schlankern der obern Fruchtscharen z. B. von *Ensete II* 23 ff. hervorgegangen ansehe; 2) daß die größeren Ovula sich von den kleineren durch das Fehlen einer Geweberückbildung[1]) auszeichnen, also vollständiger sind, und mit der Samenbildung in Beziehung zu bringen sind, sowie daß sie in den unteren Teilen der Fächer stehen; 3) daß in den Trugfruchtblüten trotz scheinbar guter Entwicklung des weiblichen Geschlechts die haploide Generation auf der ganzen Linie zurücktritt, also im männlichen und im weiblichen Geschlecht, daß aber im Zusammenhang mit der günstigen Stellung und Ernährung an der Infloreszenzbasis die vegetativen, resp. diploiden Teile um so mehr hypertrophieren, je später sie zur Anlage und Entwicklung kommen. (Die Reduktion der haploiden Teile kann soweit gehen, daß auch benachbarte vegetative Teile, wie die Integumente, völlig unterdrückt werden.) 4) daß die Griffelreduktion abhängig ist vom mechanischen Widerstand gegen sein Längenwachstum, also indirekt davon abhängig ist, ob die Blütenhülle genügend fest verklebt wird oder freibleibt.

Die Narbe jedes Fruchtblattes ist seicht zweilappig. Bei guter Entwicklung ist sie mit großen Papillen besetzt.

1. **Artunterschiede im Griffel** (s. Taf. XIII).

Der Griffel der Fruchtblüten von *Ensete* verjüngt sich erst und erreicht im untern Drittel ungefähr den geringsten Durchmesser; von hier aus verbreitert er sich langsam wieder, um ganz stumpf zu enden, hat also im ganzen Keulenform. Bei den Fruchtblüten von *M. Cavendishii* (und *rosacea, violascens, coccinea)*, auch den nichtfruchtenden Blüten von *discolor* besteht er dagegen aus einer Säule von gleichmäßigem Querschnitt, der die kurze bis kugelförmige oder etwas abgeflachte (ev. am Rand strahlige) Narbe aufsitzt. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* konnte nur der Griffel der nichtfruchtenden Blüten untersucht werden. Er löste sich nach oben in 3 Fruchtblätter auf, die nur schlanke Säulchen ohne eine Spur einer Narbe bildeten. Die Griffel der nichtfruchtenden Blüten zeigen in der Regel deutliche Reduktionen (s. Tafel XIII und unten: Geschlecht der Blüten). Der Griffel der obern Fruchtblüten von *M. Ensete* kann schlanker sein als der der untern Fruchtblüten, resp. der Trugfruchtblüten.

2. **Exzentrische Stellung des Griffels** (speziell bei *Ensete*); **Honighöhle und Honigspalte.**

Während Samenfächer, Honigdrüsen und Fruchtfleisch auf dem Fruchtknotenquerschnitt ziemlich gleichmäßig verteilt sind, zeigt der Griffel in den ausgewachsenen Blüten, besonders den Fruchtblüten, eine exzentrische Stellung und vermehrt so in hohem Maße die Zygomorphie der Blüte. Auffallend ist, daß diese Exzentrizität bei *M. Ensete* eher ausgeprägter ist als bei *Cavendishii, Zürcher Rhodochlamydee, M. paradisiaca* subsp. Zürich und *discolor,*

[1]) Siehe die letzte Arbeit Tischlers und d'Angremond.

wenigstens fand ich bei letzteren nie so extreme Fälle. Ferner zeigen auch regelmäßig die Fruchtblüten von *M. Ensete* (Fig. 25 b und c und Fig. 7 f) eine stärkere Verschiebung als die nichtfruchtenden Blüten (Fig. 25 a und Fig. 7 d.). Die Verschiebung findet in der Mediane statt, so daß der Griffel von der Mitte nach vorn rückt, wobei das mediane vordere Fruchtblatt sich dem medianen phylloskopen Kelchblatt stark nähert, während die hinteren seitlichen (axoskopen) Fruchtblätter nach der Mitte gerückt werden und so vom medianen Kronblatt und den seitlichen Kronblättern ± weit abstehen. Die Basalteile der phylloskopen Fruchtblätter schließen sich dabei aufs engste an Staubblattbasis etc. an, so daß im vorderen Teil der Blüte sozusagen nichts sichtbar ist (Fig. 25 b und c und Fig. 7 c, d und f) und kein weiteres Organ dort Platz hat; nach der Infloreszenzachse zu laufen dagegen die Basen der

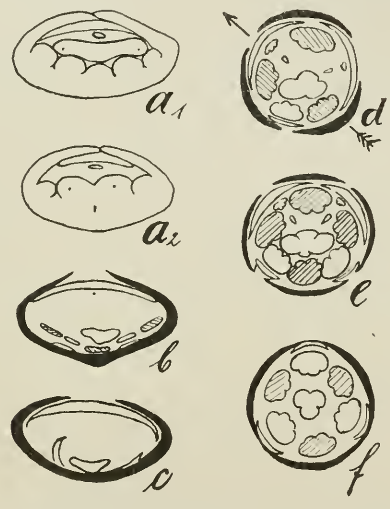


Fig. 25. *a—c* Nach Schnitten am Griffelgrunde: Exzentrizität und Zygomorphie des Griffels bei Blüten von *M. Ensete*.

a_1 Nichtfruchtende Blüte. a_2 dito, etwas tiefer geschnitten. *b* Normale Fruchtblüte. *c* Fruchtblüte mit extremer Griffelverschiebung und tiefer Insertion der ± lippenartigen seitlichen Kronblätter.

d—f Korrelation von Kronblattentwicklung, resp. Kelchtrennung und Honighöhle. Fruchtblüten von M. *Ensete*, alle mit fast normalem Andrözeum.

d Zweilippige dreistrahlige Blüte mit zwei Honighöhlen und zwei offenen Spalten. *e* dito, aber vierstrahlig. *f* aktinomorphe Röhrenpelorie, ohne Lippe und ohne Honighöhle, stärker vergrößert als *d* und *e*. Da an Stelle der Staubblattfilamente, die beim Schnitt getroffen werden, die Antheren eingetragen wurden, ist die Raumausfüllung in *d*, *e* u. *f* nicht der Wirklichkeit entsprechend.

seitlichen Fruchtblätter allmählich in eine flache weite Vertiefung aus, die „Honighöhle", die unmittelbar vor dem medianen Kronblatt einen steil aufgerichteten Rand zeigt (Fig. 7 f), auf dem das mediane innere Staubblatt steht. In diese Honighöhle ergießt sich bei *Ensete* durch einen radialen Spalt in der Mediane hinter den Fruchtblättern der Inhalt der Honigdrüse, während der bei

Cavendishii und *M. paradisiaca*[1]) (nach Schumann) durch zwei laterale vor den seitlichen Griffelsuturen gelegene Spalten austritt, sich dann aber ebenfalls in der Honighöhle als der tiefsten Stelle des Blütenbodens sammelt.

In der Anlage sind alle untersuchten Blüten (Fig. 15 und 16) durchaus zentrisch gebaut. Erst nachdem die Kronblätter sich längst in ein sich stark nach der Seite verbreiterndes kräftiges und zwei schmale rudimentäre Blätter differenziert haben (und meist natürlich auch der Abort des medianen innern Staubblattes deutlich geworden ist) zeigt sich eine ganz schwache Stellungsverschiebung, indem sich hinten ein kleines Stückchen Blütenboden als Anfang der Honighöhle zeigt, während vorn und seitlich alles von den verschiedenen Blättern besetzt ist. Recht deutlich wird sie dagegen erst kurz vor dem Öffnen. Dann ist auch zu bemerken, daß die drei Fruchtblätter nicht mehr unter gleichem Winkel voneinander abstehen. Während sie zuerst Winkel von 120° bildeten, wird der Winkel, den die beiden seitlichen hintern Blätter bilden und in dem die Honighöhle liegt, nun immer größer, in extremen Fällen 160—170° (Fig. 25a und c), während die andern entsprechend um je 20—25° abnehmen. Es liegt also nahe, die exzentrische Stellung des Griffels und die Zygomorphie des letztern auf die Differenzierung der Krone, resp. das Offenbleiben des Kelches nur an einer einzigen Stelle zurückzuführen. Die Richtigkeit dieser Vermutung wird aufs beste dargetan durch dreistrahlige Blüten, bei denen der Kelch an zwei Stellen bis zur Basis gespalten bleibt und bei denen zwei lippige Kronblätter auftreten (Fig. 25d). Hier tritt zwischen jedem lippigen Kronblatt und dem Griffel eine Honighöhle auf, (das Staubblatt dieser Radien kann dabei ganz verschieden stark reduziert sein, resp. median z. B. fehlen, seitlich dagegen ganz normal entwickelt sein!); die betreffenden Fruchtblattwinkel sind dann unter sich gleich. Genau dasselbe gilt für vier- und mehrstrahlige Blüten mit zwei oder drei lippigen Kronblättern und entsprechender Zahl der Kelchbuchten am Blütenboden (Fig. 25e). Bei Röhrenpelorien mit allseitiger Verwachsung (Fig. 25f) und ungefähr gleich starker Reduzierung aller Kronblätter fehlt eine deutliche Honighöhle, steht der Griffel in der Mitte des Blütenbodens und ist ± aktinomorph, d. h. die Winkel sind alle gleich.

Daraus geht auch deutlich hervor, daß im Gegensatz zu Schumanns Angabe (in Musaceae) die Honighöhle keine selbständige Bildung, sondern eine Nebenerscheinung bestimmter Prozesse ist, daß sie ferner unmöglich am Rudimentärwerden des hinter ihr liegenden (medianen innern) Staubblattes schuld sein kann, da die Staubblattreduktion ja

[1]) *M. paradisiaca* subsp. Zürich konnte hierauf nicht untersucht werden, da die in meine Hände gelangten Blüten abgefallen und der Fruchtknoten meist durch vorübergehende Besucher des Gewächshauses zerstört worden war. Die wenigen intakten Blüten bewahrte ich ganz auf. Es fehlte ihnen übrigens auch eine Honighöhle, Spalten waren nirgends sichtbar. Die Zusammendrängung der Organe und die Raumausfüllung ist eine besonders große.

auf alle Fälle schon lange vor dem Auftreten der Honighöhle einsetzt. Ferner kann sie auch bei Röhrenpelorien eintreten, wo die Honighöhle fehlt und in andern Fällen, z. B. bei manchen Fruchtblüten, findet sie nicht statt trotz Vorhandensein einer großen Honighöhle. Möglich wäre dagegen, daß die Entstehung der Honighöhle Ursache der exzentrischen Griffelstellung wäre. Doch ist wohl folgende Auffassung die richtigere: Der Differenzierung der Kronblätter und dem etwas ungleichen Verhalten der Kelchblätter geht ein ungleiches Wachstum der obersten Fruchtknotenpartien parallel. Wie schon erwähnt, ist kurz vor dem Aufblühen das Blütenprimord von oben gesehen in der Hauptsache zentrisch angelegt. Die dann eintretende exzentrische Stellung der innern Organe tritt erst nach Differenzierung der äußern ein und fehlt, wenn die äußern Organe gleich sind, ist also auf diese Differenzierung der äußern Organe zurückzuführen. Im Fruchtknoten selber, mit Ausnahme der obersten Partien, fehlt ebenfalls solche exzentrische Stellung der Fruchtblätter. Ferner wird vor dem Aufblühen ein ungleiches Längenwachstum der obersten Partien des Fruchtknotens deutlich (Fig. 7c, d und f), indem die hintern Organe in der normalen zygomorphen Blüte von *Ensete* tiefer inseriert erscheinen als die vordern. Bei einem Schnitt, der senkrecht zur Längsachse des Fruchtknotens unmittelbar über der Honighöhle geführt wird, werden (Fig. 25a und 26a) medianes Kronblatt und medianes inneres sowie seitliche (hintere) äußere Staubblätter und seitliche hintere Fruchtblätter oberhalb der Insertion getroffen, während alle vordern Organe auf demselben Schnitt einen gemeinsamen Komplex bilden, da sie unterhalb der Insertionsstelle geschnitten werden. Es zeigt also nicht nur die Blütenhülle sondern auch der Blütenboden (oder der oberste Teil des Fruchtknotens) in den vordern phylloskopen Partien ein geringeres Horizontalwachstum, resp. Zusammendrängung der Organe unter verstärktem Längenwachstum. Die axoskopen Organe resp. Teile zeigen dagegen keine solche enge Zusamendrängung, im Gegenteile eine immer stärkere Weitung der dazwischen liegenden Teile des Blütenbodens in der Ontogenie und kräftige Entwicklung der einzelnen Organe, soweit nicht die frühzeitige Raumkonkurrenz der auf demselben Radius gelegenen Organe (medianes Kronblatt und medianes inneres Staubblatt) die Reduktion des einen herbeiführt. Daß dieses ungleiche Verhalten der axo- und phylloskopen Teile mit dem Auftreten eines gemeinsamen Podiums der ganzen Blütenschar (s. Fig. 6 weiß gelassene Teile unter dem Fruchtknoten) bei den meisten Arten zusammenhängt, braucht wohl nicht weiter betont zu werden, da das Podium ja phylloskop mit der kräftigen Braktee zusammenhängt, während axoskop das Podium und die Schar besser isoliert sind. Dieses ungleiche Wachstum genügt nun zwar, um nicht nur die exzentrische Griffelstellung durch scheinbare oder wirkliche Verschiebung des Griffels auf der Mediane nach vorne phylloskopwärts zu erklären, sondern auch um das Auftreten der Honighöhle hinten (axoskop) begreiflich zu machen und ebenso, um die Differenzierung in den Staub-, Kron-

und Kelchblattkreisen verstehen zu lernen. Doch erklärt es weder die Änderung in der gegenseitigen Stellung der Fruchtblätter (Winkel erst alle ca. 120°, später der mediane bis 170°) noch die starke seitliche Ausdehnung der Blüte.

Die letztere ist, soweit mein Material ein Urteil erlaubt, wenigstens bei nichtfruchtenden Blüten, bei *Ensete* durch folgendes bedingt: Die Fruchtknotenlänge ist ± deutlich abhängig von der Länge des auf die betreffende Schar folgenden Internodiums der Infloreszenzachse und von der Entwicklung der auf derselben Dreier-Parastiche folgenden Braktee und ihrer Schar.[1]) Die untere und obere Grenze der Fruchtknoten liegen in gleicher Höhe wie leichte Knickungen des zugehörigen Tragblattes, die eben durch die genannten Faktoren bedingt sind. Die obere Grenze fällt zudem zusammen mit einer Knickung der Blütenachse (Fig. 6 II). Der Fruchtknoten wächst somit anscheinend an einer Stelle, wo das Wachstum nach der Tiefe am wenigsten gehemmt ist und findet seine Grenze da, wo durch Auftreten einer neuen, von innen her wirkenden Druckkomponente das Tiefenwachstum plötzlich gehemmt wird. Damit ergibt sich zugleich die radiale Verkürzung des epithalamen Blütendurchmessers, die nach der Knospenspitze zu immer stärker wird, so daß ihr oberster Teil ganz flach ist (Vergl. Möbius II Fig. 30 und 29 A mit 28!). Ich habe schon weiter oben darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Fruchtreifung die obere Fruchtknotengrenze und die durch den gegenseitigen Druck auf Tragblatt und Achse hervorgerufenen Eindrücke nach oben verschoben werden, und zwar sowohl bei *Ensete* als auch bei den andern Arten (Fig. 6 III). Für die nichtfruchtenden Blüten der andern Arten ist zu beachten, daß die Internodien bei ihnen kürzer sind als bei *Ensete* und daß diese Verkürzung auch von einer Verkürzung des Podiums begleitet ist. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* ist es ganz verschwunden. Der Fruchtknoten der nichtfruchtenden Blüte hat dort nur wenige Millimeter Länge.

Zur Erklärung extremer Stellungsverschiebungen, wie sie Fig. 25 a—c darstellen und zur Erklärung der Verhältnisse in abnormen Blüten (Fig. 25 d und e) genügt aber auch dieser Faktor nicht. Die Beispiele zeigen schon, daß es bei ihnen nicht so sehr auf die allgemeinen Bedingungen als auf die Verhältnisse innerhalb einer Blüte ankommt. Als maßgebender Faktor kann,

[1]) Fig. 31 in Möbius II, p. 49 (Längsschnitt durch das Ende eines Blütenstandes von *M. Basjoo*) stellt einen höher spezialisierten Vertreter dar mit zwei- (!) reihigen nichtfruchtenden Blüten, die in der Ontogenie keinem großen Druck mehr ausgesetzt sind. Immerhin ist der Druck, nach Fig. 29 A und dem Verhalten des medianen Kronblattes zu urteilen, noch größer als bei der *Zürcher Rhodochlamydee*. Die Abbildung ist für die Beschreibung der Länge des Blütenbildungsraumes sehr charakteristisch. Dagegen wird der radial abflachende Druck, wie ihn Fig. 28 gegenüber Fig. 29 A und Fig. 30 zeigt, in Fig. 31 nicht sichtbar. Die helle Zone um das dunkle kegelförmige Achsenende gehört zur Achse, wie die Figur richtig zeigt. Ein Podium kommt, wie es scheint, hier nicht zur Entwicklung (ebenso *Zürcher Rhodochlamydee*) und eine Knickung der Blütenachse findet hier ebenfalls nicht statt. Ich halte solche Verhältnisse für sekundärer Art (s. unter Partialinfloreszenz). Sie dürfen also in dieser Hinsicht weder als Grundlage noch als Prüfstein verwendet werden.

wie Fig. 25 zeigt, nur die Differenzierung der Kronblätter (resp. der Kelchbuchten) in Frage kommen, da ein lippig entwickeltes Kronblatt, (resp. bis zum Blütenboden reichende Kelchbucht) stets von einer großen Honighöhle und damit weit abstehendem Griffel, zugleich auch stets von einem großen zugehörigen Fruchtblattwinkel begleitet ist, während ein seitliches kleines Kronblatt (resp. nicht zum Blütenboden reichende Kelchbucht) stets einen normal entfernten oder gar genäherten Griffel zeigt, der durch keine Honighöhle von ihm getrennt ist, und dessen reduzierten Kronblättern zugewandte Winkel nur 120° oder weniger betragen. Dabei bleiben Organe, die auf demselben Radius angelegt werden, auch bei diesen Verschiebungen auf demselben. Mit andern Worten, indem die Radien, auf denen die äußern seitlichen Staubblätter stehen, durch das kräftige Breitenwachstum des medianen Kronblatts immer mehr seitlich zu liegen kommen, und da der von den Radien gebildete Winkel dadurch immer größer wird (sofern nicht eine entsprechend stärkere Verschiebung der Winkelspitze stattfindet), muß auch der von den seitlichen Fruchtblättern gebildete Winkel immer größer werden. Dieser Einfluß der äußern ältern Organe auf die innern auf demselben Radius angelegten ist bei der dichten Stellung am Primord und der Alternanz der Kreise ja ohne weiteres verständlich: Die äußern Staubblätter dringen in die Lücken zwischen den Kronblättern. In die Lücken zwischen die äußern Staubblätter passen sich die innern ein und werden mit ihnen geschoben und ebenso die Fruchtblätter in den Lücken zwischen den innern Staubblättern. Dabei sind aber die über dem Blütenboden aufragenden Teile weniger wichtig als die den Fruchtknoten durchziehenden Gefäßbündel, die entsprechend ineinander geschoben sind und als fester Teil den Druck auf dem Radius weiterleiten. Bliebe nun der Griffel bei diesen Änderungen in der Mitte der Blüte stehen, so müßte in Blüten, wie z. B. Fig. 25a—c, der mediane hintere Fruchtblattwinkel ja sogar ca. 220° statt ursprünglich 120° betragen. Einer solchen, wie schon erwähnt, späteinsetzenden Winkeländerung steht nun aber vor allem die Verwachsung der Fruchtblätter im Wege, die sehr frühe beginnt, so daß notwendigerweise eine starke Verlagerung der innern Organe von ihren Radien stattfinden müßte, wenn nicht die Möglichkeit zur starken seitlichen Ausbreitung des medianen Kronblattes und zur Erreichung eines ebenso großen gegenseitigen Abstandes der äußern seitlichen Staubblätter auch dadurch gegeben wäre, daß sich der Winkelscheitel, resp. der Griffel entfernt. Diese Möglichkeit wird nun aber nach Kräften (wenn auch nicht immer so stark wie in Fig. 25c) ausgenutzt, wie oben gezeigt wurde.

Zusammenfassung.

Die exzentrische Stellung des Griffels, der in normalen ausgewachsenen Blüten auf der Mediane nach vorn, d. h. nach der Braktee zu, verschoben ist, beruht auf dem stärkern Wachstum des axoskopen Teils der Blüte, vor

allem auf der starken Verbreiterung des medianen Kronblattes. Dieses drängt die seitlichen äußern Staubblätter auseinander und führt damit notwendigerweise zu einer Vergrößerung des Winkels, der durch die durch sie gehenden Radien gebildet wird. Letzterer widersteht aber bis zu einem gewissen Grade der aus drei verwachsenen Fruchtblättern gebildete Griffel. Das Resultat der ungleichstarken aufeinanderwirkenden Kräfte ist ein Kompromiß: Der Winkelscheitel, resp. der Griffel wird nach der phylloskopen, im (Breiten-) Wachstum zurückbleibenden Seite verdrängt und an die Staubblätter, diese an die Hüllblätter jener Hälfte gepreßt, wodurch die Winkelvergrößerung etwas verringert wird. Die parenchymatöse Grundmasse des Blütenbodens, in die die Gefäßbündel eingelagert sind, und die gleichsam nur eine Füllmasse zwischen den letztern bildet, wird dabei phylloskop reduziert, während sie axoskop zu reichlicher Entfaltung kommt und die Honighöhle bildet.

3. Zahl der Ovula bei den verschiedenen Arten und Fruchttypen.

Die Zahl der Ovula schwankt innerhalb ein- und derselben Infloreszenz, besonders stark natürlich bei *Ensete*, wo die Fruchtbildung keine einheitliche ist, sondern neben großen Trugfrüchten, die sich auf alle Fälle entwickeln, auch kleine Früchte vorkommen, die nur bei Samenentwicklung reifen und zunächst, äußerlich in Größe, Hülle etc. ± an nichtfruchtende Blüten erinnern. Bei den Arten mit einheitlicher Trugfruchtbildung, wo die Fruchtbildung von der Samenentwicklung unabhängig ist, so daß äußerlich nicht zu unterscheiden ist, ob sie Samen enthält oder nicht, und wo die Fruchtblüten entsprechend scharf von den nichtfruchtenden Blüten abgesetzt sind (besonders wenn man von den wenigen bisher nicht beachteten Übergangsblüten absieht), ist die Zahl ebenfalls eine viel einheitlichere. Daneben finden sich noch starke Schwankungen von Art zu Art. Bei *Ensete* beträgt die Zahl der Ovula nach Wittmack 15—20 pro Fach. Ich fand sie bei dieser Art etwas höher, ca. 30, mit Ausnahme der oberen Blüten. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* schwankte sie von 40—60 (durchschnittlich 45—50) und bei *Cavendishii* war sie in der Regel noch höher, nämlich 60—65—70. Es findet sich also mit der höhern Spezialisation, besonders mit ausgeprägterer Trugfruchtbildung auch eine Zunahme der Zahl der Samenanlagen, ja sogar Zunahme der Zahl unter gleichzeitigem Verlust des Vermögens zum Keimling auszuwachsen, d. h. also Vermehrung der Zahl bei einem rudimentären Organ. Es ist also ferner anzunehmen, daß die Zahl der Ovula pro Fach ursprünglich kleiner war, im Gegensatz zu der Regel, daß große Zahl homologer Organe primitiv, kleinere Zahl aber spezialisiert ist. Die einzige Erklärung ist wohl die, daß die Fruchtblätter eine eizellenbildende Leiste ähnlich der Zahnleiste der Tiere besitzen, die eine beliebige Zahl von Eizellen liefern kann bei unbeschränktem

Stellung und Zahl der Ovula bei der 2. Infloreszenz der *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*).

NB. In jeder Vergleichsgruppe ist die höchste Zahl durch Fettdruck hervorgehoben.

	A. Gesamtzahl der Ovula												B. Zahl der größeren Ovula											
	pro Fach									total pro Blüte			pro Fach									total pro Blüte		
	3. Blüte			2. Blüte			1. Blüte			3. Blüte	2. Blüte	1. Blüte	3. Blüte			2. Blüte			1. Blüte			3. Blüte	2. Blüte	1. Blüte
Fach	l	m	r	l	m	r	l	m	r				l	m	r	l	m	r	l	m	r			
Schar IV		?		**43**	41	41	41	40	**45**	?	125	**126**	?	?	?	14	**17**	12	19	16	**25**	?	43	**60**
III	**43**	**43**	40	39	**46**	43	47	**48**	45	126	128	**140**	0	7	0	10	**27**	16	24	**27**	22	7	47	**73**
II	47?	**52?**	47?	**51**	44	**51**	49	**54**	50	ca. 146	146	**153**	0	0	0	0	**19**	12	13	**23**	15	0	31	**51**
I	je gegen 60			je gegen 60			je ca. 60			gegen	180	ca. **180**	nur in			dem medianen			Fach					
Summe aus gleichgestellten Blüten excl. Schar I	90?	**95?**	87?	133	131	**135**	137	**142**	140	?	399	**419**	0	7	0	24	**63**	40	56	**66**	62	?	121	**184**
Total pro l., m. u. r. Fach excl. Schar I	linkes Fach 360				mittleres Fach **368**					rechtes Fach 362			Total der großen Ovula			linkes Fach 80				med. Fach **136**			rechtes Fach 102		

Wachstum, d. h. die Zahl ist nicht von vornherein fixiert, sondern ist gegeben durch die jeweilige Länge dieser Leisten, dividiert durch einen gewissen Minimalabstand der zu bildenden Organe. Die Leiste scheint (nach der Größenabnahme der Ovula von der Fruchtbasis nach oben hin) sich von unten nach oben zu entwickeln.

4. Unterschiede in der Zahl der Ovula bei der 2. Infloreszenz der Zürcher Rhodochlamydee.

Für die 2. Zürcher Infloreszenz konnte ich die Zahl der Ovula für jede Frucht noch zumeist genau feststellen, (s. Tab. I) mit Ausnahme der Früchte der ersten und fünften Schar, die ich zu andern Untersuchungen verwendet hatte, und weniger Früchte am linken Rande, bei denen im Gegensatz zu den andern zur Zeit der Untersuchung das Innere ganz eingetrocknet war.[1]) In den nicht eingetrockneten Früchten gleicher Stellung fehlten aber deutliche Ovula, so daß ein Fehlen derselben auch für diese Früchte nahe liegt bei dem sonstigen gesetzmäßigen Verhalten innerhalb einer Schar. Die Resultate, die die Tabelle I wiedergibt, sind besonders auffallend beim Vergleich mit der bisher üblichen Auffassung der Partialinfloreszenz der Bananen, da sie durch Beisproßbildung von der Mitte nach beiden Seiten entstanden gedacht wurde. Die Tabelle zeigt:

a) daß in der äußersten Blüte rechts stets die größte Zahl zu finden war, wiewohl diese Frucht kleiner war als die nächste, resp. zweitnächste zur Linken (s. Fig. 12b). Am linken Ende in der vierten Frucht der Schar (nicht in die Tabelle aufgenommen s. o.) fehlten Anlagen ganz, soweit eine genaue Feststellung möglich war. Es findet also von rechts nach links eine gesetzmäßige Abnahme der Zahl der Anlagen statt, so daß die linksstehende Blüte nie eine höhere Zahl aufweist als die rechts von ihr stehende und selten zwei nebeneinanderstehende die gleiche Zahl zeigen. Die Abnahme von der ersten zur zweiten, resp. dritten Frucht hingegen ist in den verschiedenen Scharen nicht gleichmäßig.

b) Es zeigt sich, daß die erste, resp. zweite oder dritte Frucht einer tiefer inserierten Schar ebenfalls stets eine höhere Zahl aufweist als eine gleichgestellte Frucht einer höher inserierten Schar, wiewohl die der untersten Schar z. T. kleiner waren als die entsprechend gestellten der nächst oberen Schar. Der Abnahme der Zahl der Ovula entspricht immerhin eine durchschnittliche Abnahme der Länge der Früchte. Es entsprechen sich ferner in jeder Beziehung: unten an der Infloreszenz und: rechts in der Partialinfloreszenz einerseits und: höher oben an der Infloreszenz und: links in der Partialinfloreszenz anderseits

[1]) Auch dieses Eintrocknen der Samenfächer vor den peripheren Teilen zeigt wieder, wie verkehrt alles bei den Bananen werden kann, indem das ursprünglich Wichtigste zu Nebensächlichem, das durchaus Nebensächliche zum Wichtigsten wird.

(Vergl. damit auch die sub. „3. Unterschiede der Arten" gegebene Erklärung).

c) In Schar II und III (mit Ausnahme von II_2) enthält das mediane Fach die größte Zahl der Ovula. Das rechte und linke Fach derselben Blüte scheinen ihm gegenüber in dieser Beziehung im Nachteil. Daß dies auf der Lage beruht, braucht kaum weiterer Diskussion, kommen doch in einer Schar in derselben Blütenzahl je doppelt so viele seitliche als mediane Fächer auf einen gleichen Stammsektor, was auch deutlich im abgeflachten Querschnitt der seitlichen zum Ausdruck zu kommen pflegt. In II_2 zeigt das mediane Fach eine ganz auffallend kleine Zahl von Anlagen und damit wohl eine Ausnahmeerscheinung. Das rechte und linke zeigen die gleiche und zwar — wieder auffallend — hohe Zahl. Ein deutliches Überwiegen des rechten Faches über das linke, wie dies nach obigem zu erwarten wäre, oder das Umgekehrte läßt sich bei den geringen Differenzen und der kleinen Blütenzahl nicht feststellen. In den beiden untersuchten Blüten von Schar IV zeigt ebenfalls abweichend von obiger Regel eines der seitlichen Fächer — und zwar das einemal das rechte, das anderemal das linke, stets aber das nach dem Rande der Schar gerichtete — die größte Zahl.

d) Deutlicher ist die Bevorzugung des medianen Faches, wenn man nur die Zahl der größeren Ovula[1]) berücksichtigt (s. rechte Hälfte der Tabelle). Doch macht auch hier die erste Blüte der Schar IV eine Ausnahme. Von Schar I notierte ich, daß größere Ovula nur im medianen Fach vorkamen. Eine Bevorzugung des rechten Faches vor dem linken wird hier deutlich. Die Abnahme von rechts nach links macht sich ebenfalls bemerkbar, doch mit starkem Abfall von der 2. zur 3. Blüte, statt von der 3. zur 4. Dagegen zeigt hier nicht die unterste, sondern erst die 3. Schar die größten Zahlen. (Man vergleiche damit, daß bei *Cavendishii I* Schar I die Ovula fehlten, in den folgenden Scharen sich aber fanden!)

5. **Fruchtfleisch und Fruchtwandung.**

Über Fruchtfleisch und Fruchtwandung wird unter „Geschlecht etc. der Blüten" zu sprechen sein. Hier ist nur zu erwähnen, daß die Trennung beider mit der Spezialisation schärfer wird und daß das Fruchtfleisch bei *Ensete* ein lockeres, weitmaschiges, safterfülltes, bei der *Zürcher Rhodochlamydee = M. rosacea?* dagegen ein ganz feines eher trockenes, weißes + hollundermarkähnliches Gewebe ist. Ebenso fein ist es bei *Cavendishii.* Bei der sehr ungleichen Erhaltung des Materials konnte keine eingehende Untersuchung stattfinden.

---

[1]) Genaueres über die Unterschiede der Ovula im folgenden Teil der Arbeit: Geschlecht etc. der Blüte. Siehe auch Taf. XIII.

6. Honigdrüsen.

Der Bau der Honigdrüsen wurde ebenfalls nicht im einzelnen verfolgt. Früher (s. auch Fig. 7 und Taf. XIII) wurde erwähnt, daß sie bei der nichtfruchtenden Blüte den ganzen Fruchtknoten ausfüllt (mit Ausnahme der alleruntersten Scharen, wo sie nicht ganz bis zum Polster reicht), bei der Fruchtblüte dagegen um so kleiner wird und den Samenfächern immer mehr Platz macht, je tiefer die Blüte steht. Schließlich befindet sie sich als relativ kleines, nach unten spitzzulaufendes Organ im obersten Teil des Fruchtknotens, zwischen den Spitzen der Samenfächer und dem Blütenboden. Die Drüse ist dreiteilig (Fig. 26 a), resp. besteht aus 3 Drüsen, die oben getrennt bleiben, interseptal auf demselben Radius wie Kelch- und äußere Staubblätter liegen und sich unten zu einem einen gemeinsamen Hohlraum einschließenden Gebilden vereinigen.[1]) Die Sekretion erfolgt nach Wittmack durch Auflösen haarartiger Zellen.

Der Honig ist eine süße oder bittersüße, ± stark adstringierende klare Flüssigkeit, die in sehr verschiedener Menge ausgeschieden wird. Bei der *Zürcher Rhodochlamydee I* füllte er einen großen Teil der Blüte aus (wie bei den etwas durchscheinenden Hüllen leicht zu konstatieren war, Fig. 11 d), so daß das Volumen des Honigs das des ganzen Fruchtknotens um ein Mehrfaches übertraf; bei Infloreszenz II fiel er nirgens auf, resp. fehlte; bei *Ensete* bemerkte ich ebenfalls nirgends eine Ansammlung beim Durchsehen der Blüten, nur bei einzelnen Fruchtblüten fand er sich eingetrocknet als Häutchen über oder in der Honighöhle.

Die Honigausführungsgänge und Honigspalten haben Schumann ebenfalls Anlaß zu einer Kontroverse gegen Wittmack gegeben. Nach letzterem zeigt *Ensete* nur eine in der Mediane hinten zwischen Griffel und medianem Kronblatt in der Honighöhle gelegene Spalte, ersterer fand dagegen zwei seitliche vordere funktionierende Spalten vor den entsprechenden Suturen des Griffels, wie er mit Hilfe von gefärbten Schnitten nachwies. Schumanns Schluß, daß Wittmacks Angabe falsch sein müsse und *Ensete* ebenfalls seitliche Honigspalten statt der medianen besitze, ist aber durchaus unberechtigt. Tatsächlich ist das Verhalten bei den einzelnen Arten verschieden, so daß bei *Ensete* (und anderen *Physokaulideen?*) der Honig nur durch den medianen Spalt, bei *M. paradisiaca*,[2]) die Schumann untersuchte und bei *M. Cavendishii* (wie ich feststellte) dagegen nur durch die beiden seitlichen austritt.

---

[1]) Siehe auch Fig. 30, Möbius II. p. 48, wo der Hohlraum der Honigdrüse abgebildet ist. Da eine nichtfruchtende Blüte vorliegt, handelt es sich entgegen der Textangabe nicht um die Samenfächer (!). Für letztere spricht nur scheinbar die Lage der Verzweigungen. Die beiden nach dem obern Blattrande gewendeten, an der Basis vereinigten Spalten stellen die axoskope mediane Drüse, die linke untere Spalte dagegen die linke phylloskope Drüse, die wenig entwickelte rechte untere Spalte die rechte phylloskope Drüse dar! Das Bild zeigt also keinesfalls, wie bei angebauten Musaarten die Samenanlagen fehlschlagen.

[2]) S. Anmerkung p. 354.

Bei der *Zürcher Rhodochlamydee* ist das Verhalten nicht einheitlich. Es können alle drei funktionieren oder die mediane (so ausnahmslos in Fruchtblüten!) oder die seitlichen besser oder allein entwickelt sein. Zu bemerken ist dabei, daß bei allen Arten, vor allem bei *Ensete*, vor der Anthese alle drei Spalten gleich entwickelt sind (Honigsekretion fehlt dann noch) und daß sich dann je nach der Art die einen oder die andern schließen (resp. bei *Ensete*, bei der Raummangel herrscht, durch das Wachstum der umgebenden Organe geschlossen werden). Warum die mediane Spalte bei den *Eumuseen* meist völlig abortiert, ist mir fraglich, doch liegt vermutlich ein enger Zusammenhang mit dem Zusammenrücken der seitlichen äußern Staubblätter und dem völligen Abort des medianen innern Staubblattes vor.

Da die Spalten außerhalb des Griffels, die Drüse selbst aber innerhalb der Samenfächer liegt, gehen die z. T. etwas gekrümmten Ausführungsgänge von unten innen schräg nach oben und außen

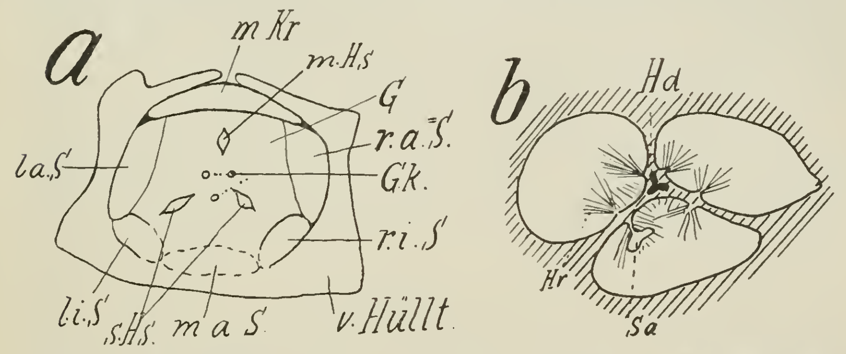


Fig. 26. *a* Horizontaler Schnitt durch Trugfruchtblüte von *M. Cavendishii* etwas über der Insertion des medianen Kronblattes.

Die axoskopen Organe sind scharf abgegrenzt, die phylloskopen dagegen noch verwachsen, ihre Abgrenzung aber ungefähr zu erkennen. Die mediane Honigspalte ist hier noch im Innern des Griffels und endet blind. Bezeichnung wie in Fig. 2, 12 etc. Ca. $^2/_1$ nat. Gr.

b Horizontalschnitt durch Fruchtfächer von *M. Carendishii* in derselben Orientierung.

ca. $^3/_1$ nat. Gr. *Hd* Ende der Honigdrüse. *Sa* Samenanlage. *Hr* Haare am Funikulus.

(Fig. 7b und d) und kreuzen damit die Richtung der Fruchtblätter, resp. der gelegentlich ausgebildeten Griffelkanäle (Fig. 12c, 25a und 26a), die von der Spitze des Samenfaches nach oben ziehen und auf dem Schnitt den Honigspalten oft durchaus gleich gelagert sind.

Der Ursprung der Honigdrüsen der Bananen ist meines Wissens bisher nicht diskutiert worden. Man begnügte sich mit der Angabe, daß es (inter-)septale Drüsen seien, d. h. in den Scheidewänden der Fruchtblätter gelegen. Folgende Gründe sprechen aber dafür, daß es sich um einen umgewandelten innern Fruchtblattkreis handelt, so daß die Bananenblüte dann im Gegensatz zu der der Liliifloren hexazyklisch und nicht pentazyklisch wäre (!):

1. Die Drüse selber liegt innerhalb der Fruchtblätter, in gesetzmäßiger Alternanz ihrer Komponenten mit den Organen der andern Kreise (s. Taf. XIII etc., Fig. 26 b).

2. Sie zeigt mehrfache Übereinstimmung mit dem Fruchtblatt spez. dem Samenfach und dessen Teilen:

a) Das Samenfach ist von einer flüssigen, resp. gelatinösen Masse erfüllt (vielleicht dem Honig entsprechend).

b) Am Funiculus und benachbarten Stellen der Wand befinden sich Büschel von Haaren (Fig. 26 b). Nach Wittmack erfolgt die Honigsekretion von haarartigen Gebilden aus.

c) Das Samenfach setzt sich gelegentlich in einen Kanal fort (Fig. 26 a, 12 c und 25 a), der dem Honigausführungsgang gelegentlich durchaus ähnlich und auf Schnitten, ohne Kenntnis des Wohin und Woher, von ihnen ohne weiteres nicht zu unterscheiden ist.

3. Der Verlauf der Ausführungsgänge schräg nach oben und außen findet eine Parallele im Verlauf der Gefäßspuren der inneren Staubblätter, die unten deutlich innerhalb, auf dem Blütenboden aber neben oder in seltenen Fällen (obdiplostemone Blüte) außerhalb der Spuren der äußeren Staubblätter verlaufen.

4. Bei *Ensete II* (und nur bei dieser Infloreszenz und dieser Art) fand ich in einer größeren Zahl von Fruchtblüten vier oder sogar fünf Samenfächer, wiewohl die Hüll- und Staubblattkreise normal dreigliedrig waren und ebenso der Griffel, soweit er noch kontrolliert werden konnte. Das überzählige Samenfach war dabei so groß wie die andern oder weniger lang, aber stets wie diese mit zwei Reihen von Ovula versehen. Für die Annahme einer Entstehung durch Spaltung der normalen Fächer fand sich trotz genauen Suchens gar keine Handhabe. Eine kleinere Zahl von Samenfächern fand sich andererseits in sonst normalen Blüten von *Ensete* nicht. Eine Vermehrung der Zahl der innern Organe (ich habe von *Ensete* ca. 8000 Blüten untersucht) kommt bei dieser Art in anderen Kreisen nicht vor, außer wenn tangentiale oder radiale Spaltung eine solche vortäuscht. Es dürfte sich daher auch hier nicht um eine bloße Zahländerung handeln, zumal es sich um eine größere Zahl von Blüten handelte, die dazu noch den untersten Blütenscharen mit im ganzen primitivstem Charakter, aber stärkster Trugfruchtbildung angehörten und deren Ovula sämtlich durch gleiche Größe und eine Höhlung im Innern ausgezeichnet waren. Da ich mich zur Zeit der Untersuchung dieser Blüten noch nicht mit der Frage nach dem Ursprung der Drüse beschäftigte, unterließ ich festzustellen, ob in diesen Blüten die (in der Regel kleine) Drüse nur aus zwei oder gar einem Teil bestand, resp. nur nach einer Seite und in einem Septum entwickelt war. Ich vermute trotzdem auf Grund der oben erwähnten andern Beobachtungen, daß hier 1—2 Organe dieses innern sonst zu Honigdrüsen umgewandelten Fruchtblattkreises ihre ursprüngliche Entwicklung und Funktionen behalten haben und sich nun in den äußern Kreis als gleichwertige, in der Stellung die besondere Abkunft nicht oder nur durch geringere Länge verratende Organe

einreihten, wie sich die innern Staubblätter zwischen die äußern stellten.

Die Honigdrüse dürfte also aus Samenfächern entstanden sein durch völligen Verlust der ja auch sonst stark reduzierten Ovulabildung, durch verstärkte Ausbildung und Modifikation der schon vorhandenen Sekretion und durch Umwandlung der in den Griffel führenden Samenfachspitze zum Honigausführungskanal, bei Verlust der Bildung eines über den Blütenboden ragenden Griffels.

Literaturverzeichnis.

Die wichtigste Bananenliteratur ist von Endlicher in gen. plant. p. 227, Wittmack in Linnaea 1867. Bd. XXXV. p. 209 ff., von Sagot in Bullet. soc. bot. Fr. XXXIII. p. 317, von Baker in Annals of botany. VII (1893). p. 189 ff. und Kew. Bulletin (1894). p. 229, von Petersen in flora bras. III, 3 (1890) und von Schumann[1]) in Engl. Pflanzenreich. IV, 45 *Musaceae* angegeben, so daß ich auf diese Werke verweise. Ich beschränke mich auf die Angabe von Arbeiten, die ich im Text anführte oder deren Resultat eingeflochten, resp. als Grundlage des Vergleichs benutzt wurden, sowie auf die Angaben von Werken allgemeinen Inhalts, die zwar gar nicht von den Bananen handeln, mit deren Angaben aber meine Resultate übereinstimmen, oder die ich der Terminologie etc. wegen zurate zog.

A. Bananenliteratur.

Andrews, Bot. Repository. 1799. Tab. 47.

d'Angremond, Parthenokarpie u. Samenbildung bei Bananen. (Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. XXX. 1912. p. 686—691.)

Baker, J. G., I. A Synopsis of the genera and species of Museae. (Ann. of bot. VII. 1893. p. 189—222.)

— II. (Kew Bull. 1894. p. 229.)

[Bagnot, Bull. de la Soc. roy. de géogr. Anvers. T. X. p. 352—60.][2])

Botan. Register. (Sydenham.) 1823. Tab. 706.

Bravais, D. u. A., Ann. d. scienc, nat. Sér. II. T. VII. 1837.

---

[1]) In die Literaturangaben Schumanns haben sich durch Zahlenumstellungen etc. einige Fehler eingeschlichen. Um andern den damit verbundenen Zeitverlust ersparen zu können, führe ich diese Stellen an. Es sollte heißen:
p. 15 *M. Ensete* ... Fl. des serres. 1859. p. 65—69. Tab. 1418—19 statt 1861 p. 61.
p. 16 *M. superba* . . . in Bot. Magaz. Tab. 3849 und 3850 statt 3449 und 3450.
p. 23 *M. sanguinea* . . . Bot. Magaz. (1872). Tab. 5975 statt 5795.
Ergänzend beizufügen sind ferner vor allem folgende Beschreibungen:
p. 19 *M. Hilii* . . . Bot. Magaz. Tab. 7401.
p. 20 *M. paradisiaca* subsp. *sapientum* var. *ϑ oleracea*. Bot. Magaz. Tab. 7802 mit Abbildung von Blüten etc., Organen, die nach Schumann hier fehlen sollen!
p. 23 *M. coccinea*. Fl. des serres. VII. 1852. Tab. 722. p. 213.
p. 23 *M. rubra*. Bot. Magaz. Tab. 7451.

[2]) In [ ] füge ich einige Werke an, die ich nur aus Zitaten kenne, deren Resultate aber durch die übermittelnden Arbeiten resp. Résumée bekannt sind.

Brongniart, Ad., Note sur la symmétrie florale des Musacées. (Bull. de la soc. bot. France. III. 1856. p. 170.)
Costerus, Ann. du jard. bot. de Buitenzorg. 1895. p. 97—120. Tab. 12—13.
Crüger, H., Organographische Betrachtungen über einige Pflanzen aus dem Bereiche der Monocotyledoneae epigynae. (Linnaea. Bd. 22. 1849. p. 477.)
Edgeworth, Bot. Jahresber. Jahrg. V. 1890. p. 490.
Eichler, A. W., I. Bot. Zeitg. 1873. p. 230.
— II. Blütendiagramme. I. Teil. 1875. p. 167.
— III. Beiträge zur Morphologie und Systematik der Marantaceen. (Abhandl. d. kgl. preuß. Akad. d. Wiss. Berlin 1883.)
Elliot Scott, I. Note on the Fertilisation of Musa etc. (Ann. of bot. IV. 1890. p. 259—263. Ref. Bot. Centralbl. LVI. p. 161.)
[— II. Amer. Naturalist. XXX. 1896. p. 760.]
Goebel, Organographie der Pflanzen. 1898. II. Teil. p. 182 u. 506.
Humphrey, The development of the seed in the Scitamineae. (Ann. of bot. X. 1896. p. 1.)
[Joly, Compt. rend. rend. Assoc. franç. pour l'avancem. d. scienc. Paris 1880. p. 586—97.]
Kirk, John, On Musa Livingstoniana; a new Banana from tropical Africa. (Journ. of the Linn. Soc. Bot. Vol. IX. 1867. p. 128.)
Kittel, Die Bananen. (Gartenflora. 1892. p. 395—398.)
Knuth, I. Handb. d. Blütenbiol. III, 1. 1904. p. 168 ff.
— II. Bot. Centralbl. (Beih. VIII. ·1899. p. 509—10.)
[Kurz, Sulp., Journ. Agric-Hortic. Soc. India. Ser. I. Vol. XIV. 1867 und Ser. II. Vol. V. 1878.]
Möbius, M., I. Beiträge zur Lehre v. d. Fortpflanz. d. Gewächse. 1897.
— II. Mikroskop. Praktikum f. systematische Botanik. 1. Angiospermae. 1912. (Samml. naturwissenschaftl. Praktika. Bd. 1.)
[Mueller, Baron de, Victorian Naturalist; ref. in Bot. Centralbl. Bd. 67. 1896. p. 381—82.]
Palla, Ed., Über die Entwicklung und Bedeutung der Zellfäden im Pollen von Strelitzia regina. (Ber. d. deutsch. bot. Ges. IX. 1891. p. 85—90.)
Payer, J. B., Traîté d'organogénie comparée de la fleur. 1857. p. 670. Tab. 143.
Penzig, Teratologie. T. II. 1894. p. 376.
Petersen, I. Flora brasiliensis. III, 3. 1890.
— II. (Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1899.)
Preuß, Tropenpflanzer. Jahrg. 2. 1891. p. 157—158.
Sagot, I. Bananier Féhi, sa forme asperme et sa forme séminifère. (Bull. Soc. bot. Fr. XXXIII. 1886. p. 317.)
— II. (Bull. Soc. bot. Fr. XXXIV. 1887. p. 328—30.)
Schacht, I. Madeira und Teneriffa mit ihrer Vegetation. 1859.
[— II. Pringsheims Jahrb. II. 1860. p. 135 u. 148.]
Schumann, I. Neue Untersuchungen über den Blütenanschluß. 1890.
— II—III. Morpholog. Studien. Heft I. 1892. p. 50 etc. Heft II. 1899. p. 234.
— IV. Engler, Pflanzenreich. IV. 45. Musaceae. 1900.
— V. Engler, Pflanzenreich. IV. 48. Marantaceae. 1902.
— VI. Engler, Pflanzenreich. IV. 46. Zingiberaceae. 1904.
Schomburgk, R., Description of a remarkable spike or bunch of fruits of the Fig-banana. (Journ. Proc. Linn. Soc. Vol. II. Bot. 1858. p. 130—132.)
Schweinfurth, Bot. Zeitg. 1910. Jahrg. 68. Tab. 625.

Tischler, I. Arch. f. Zellforsch. Bd. V, 4. 1910. p. 622—670.
— II. Über die Entwicklung der Samenanlagen in parthenokarpen Anpiospermen-Früchten. (Pringsheims Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. Bd. LII, 1. 1912. p. 1—84.)
Tutscher, A new Chinese Musa (M. Wilsonii). (The Garden. Chronicle. Ser. 3. 1902. p. 450.)
Tschirch, Sitzungsber. Preuß. Akad. d. Wiss. Berlin 1890. p. 131—40. — Ann. du jard. de Buitenzorg. X. 1891. p. 143—183.
Walpers, Annal. botan. systemat. II. 1851—52. p. 38.
Warburg, I. Tropenpflanzer. VII. 1903. p. 34—37. Musa tikap. (Daneben eine Reihe anderer Aufsätze über Bananen in dieser Zeitschrift.)
— II. Die Bananen Ostafrikas und ihre Verwertung. (Engler, Pflanzenwelt Ostafrikas. II. p. 92—101.)
Werth, Blütenbiolog. Fragmente aus Ostafrika. (Verhdl. d. bot. Ver. Prov. Brandenburg. Jahrg. 42. 1900. p. 222—60.)
Wight, Icones Plantarum Indiae orientalis. 1853. Tab. 2017.
Wittmack, I. Linnaea. Bd. XXXV. 1867. p. 209.
— II. Bot. Zeitg. Jahrg. 35. 1877. p. 191.
Sitzungsprotok. d. bot. Ver. Prov. Brandenburg. (Bot. Zeitg. Jahrg. 35. 1877. p. 502.)

B. Anderweitige Literatur.

Neben den Lehr- und Handbüchern etc. von Pax, Strasburger etc. Giesenhagen, Wettstein und Kerner, Kirchner, Loew und Schröter, den betreffenden Abschnitten in Nat. Pflanzenfam., in de Vries, Mutationstheorie, Goebels Organographie, den Arbeiten von Schwendener über mechanische Blattstellungslehre und Ewert, Müller-Thurgau, Strasburger und Winkler über Parthenokarpie benutzte ich hauptsächlich:

Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien. 1907. Prinzipien der systemat. Anordnung.
Fitting, Entwicklungsphysiologische Probleme der Fruchtbildung. (Biolog. Centralbl. Bd. 29. 1909. p. 193—206, 225—239.)
Goebel, I. Die Bedeutung der Mißbildungen für die Botanik früher und heutzutage. (Verh. d. schweiz. naturf. Gesellsch. in St. Gallen. 1906.)
— II. Über sexuellen Dimorphismus bei Pflanzen. (Biolog. Centralbl. Bd. 30. 1910. p. 657 ff.)
Heinricher, Pringsh. Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. Bd. 24. p. 52—144.
Klebs, I. Willkürliche Entwicklungsänderung der Pflanzen. 1903.
— II. Variationen der Blüten. (Jahrb. d. wissenschaftl. Bot. XLII, 2. 1905.)
— III. Biolog. Centralbl. Bd. XXXIV. 1909. No. 8—9, 14—19.
Uexküll-Gyllenband, Phyllogenie der Blütenform bei den Compositen. (Bibl. Bot. Heft 52. 1901.)
Vöchting, Pringsh. Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. Bd. XVII. 1886. p. 311.

Erklärung zu Tafel XIII.

Sämtliche Blüten und Blütenteile sind in ca. $^7/_9$ nat. Gr. gezeichnet. Die Blüten von *M. discolor, sapientum* und *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) sind nach getrocknetem oder in Zersetzung begriffenem Material gezeichnet und daher vielleicht etwas zu klein. Die Früchte von *M. Cavendishii* sind noch nicht

völlig ausgewachsen. Über den Erhaltungszustand der übrigen Vorlagen s. Materialbeschreibung.

Anordnung. Die meiner Ansicht nach primitivste Blütenform steht am meisten links in dem für jede Art reservierten Raum. Rechts davon, durch auf- oder absteigende Linien damit verbunden, folgen die daran anschließenden Formen, die sich entweder als Fruchtblüte oder als nichtfruchtende Blüte + spezialisieren. Ebenso sind die Arten und Infloreszenzen von links (primitivste) nach rechts (spezialisiertere) angeordnet. In dem für jede Art reservierten Raum sind im übrigen die Blüten von unten nach oben angeordnet, entsprechend der Stellung an der Infloreszenz. Die Zahlen unter jeder Blüte geben die Nummer der Schar an, in der sie sich befanden (die Scharen werden durchgehend von unten nach oben gezählt. Bei *M. discolor* und *Zürcher Rhodochlamydee* (= *M. rosacea?*) wurden die Fruchtblütenscharen besonders gezählt und ebenso die nichtfruchtenden Scharen. Bei *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) konnte eine Zählung nicht stattfinden. Für *M.* (*parad.* subsp.) *sapientum* fehlt jede Angabe.

Die Einzelfiguren stellen kombinierte Sehnenschnitte dar. Durch einfachen Strich ist dargestellt der verwachsen blättrige Hüllteil, links ist das Staubblatt des äußern, rechts eines der seitlichen des innern Kreises zur Darstellung gebracht. Nur in den Trugfrüchten von *M. Ensete I*, *M. paradisiaca* subsp. (Zürich) und *M. Cavendishii* sind Staubblattypen ohne Rücksicht auf die Stellung wiedergegeben. Schwarz sind die ganz mit Pollen gefüllten Antheren dargestellt. Einzelne Punkte bedeuten spärlichen Pollen, weiße Antheren: ohne Spur von Pollen. Schraffierte Antheren: Verhalten unbekannt. Der Griffel ist stets schwarz gezeichnet. Die Kreise links neben der Hülle geben die Lage der seitlichen Kelchbuchten an, die horizontalen Striche das obere Ende der seitlichen Kronblätter. Wo die Lage variiert, sind durch eine Klammer die extremen Lagen zusammengefaßt. Abgrenzung des Fruchtknotens von den epithalamen Teilen durch einen Strich bedeutet ganz scharfe Differenzierung (meist verbunden mit Grünfärbung des Fruchtknotens), Fehlen des Striches bedeutet kontinuierlichen Übergang der Hülle in die Fruchtknotenwand. (Bei nicht frischem Material wie *M. discolor* und *M. sapientum* ist diese Frage nicht zu entscheiden.)

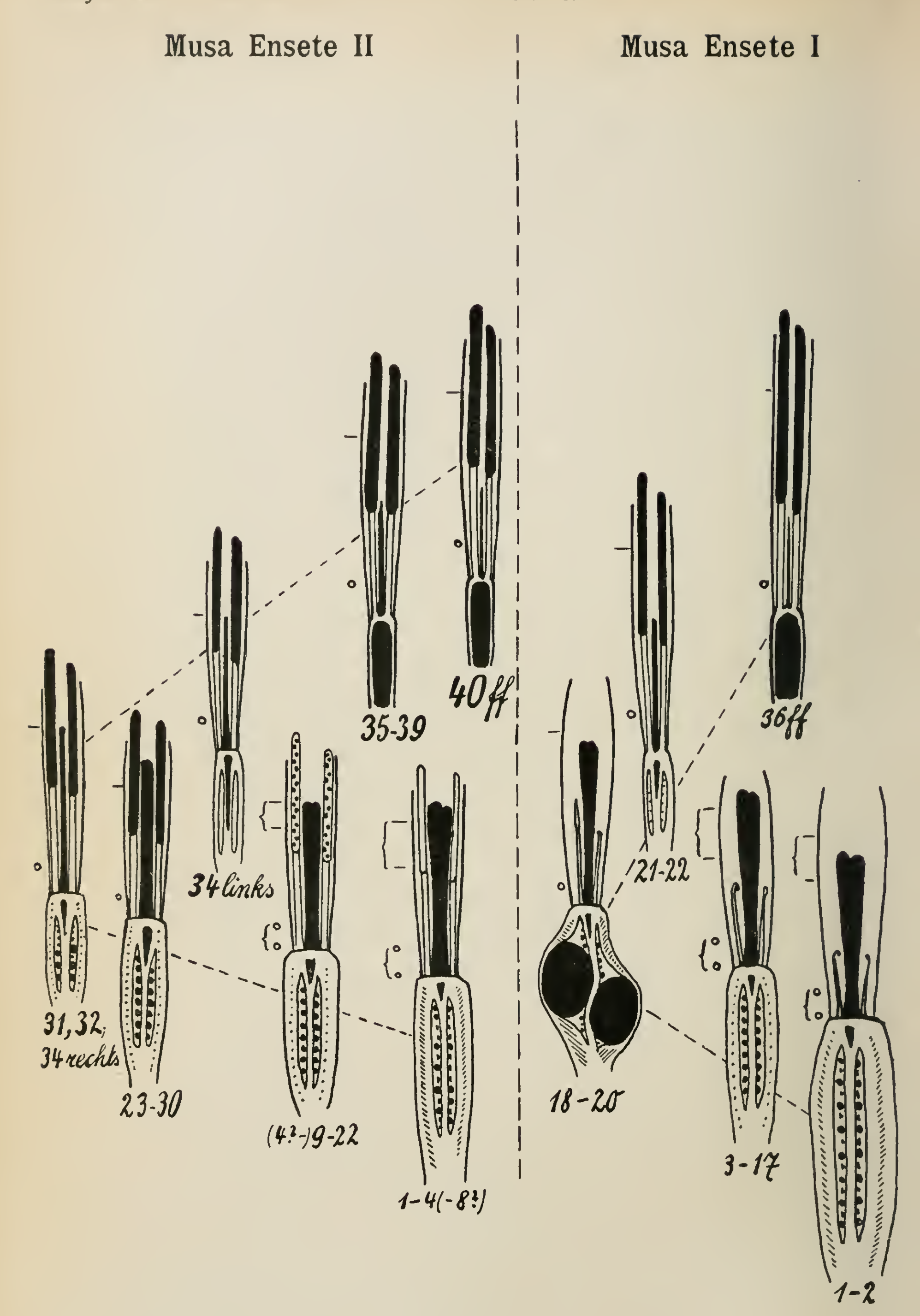
Im Fruchtknoten ist als schwarzes spitzes Dreieck oder ± als (ebenfalls schwarzes) Rechteck die Honigdrüse dargestellt. Die Samenfächer sind einfach umrandet und ohne Anlagen, wenn leer gelassen, kleinste Punkte in ihnen bedeuten rudimentäre Anlagen, solche von ca. 1 mm Durchmesser unentwickelte aber offenbar normale Anlagen. (In den Trugfrüchten von *Ensete II*, 1—4 und *I*, 1—2 fand ich nur erstere, habe aber auch letztere Form eingezeichnet, da ihr Fehlen nicht in allen Fällen sicher ist. In *Ens. I*, 18—20 sind zwei noch nicht reife Samen dargestellt.

Die Punktlinien außerhalb der Samenfächer bedeuten beginnende Pulpa- und Trugfruchtbildung. Schraffierung an dieser Stelle bedeutet deutliche Pulpabildung und mit Ausnahme von *Ens. I* (18—20) Auswachsen der Frucht in allen Fällen.

Ein Strich am untern Ende des Fruchtknotens zeigt das Abfallen der noch frischen Blüte an, das Fehlen des Striches das Verbleiben an der Achse.

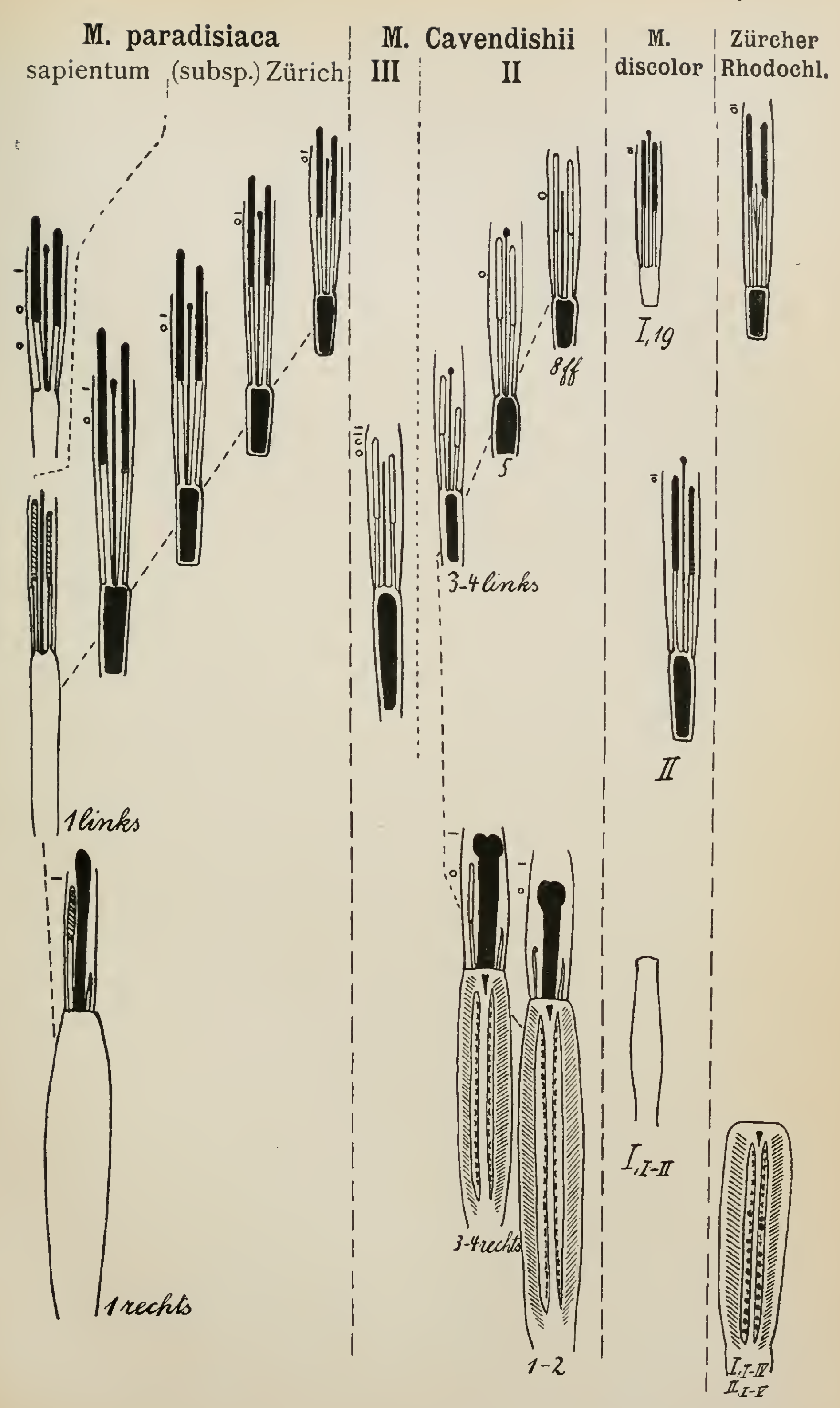
Für die weiß gelassenen Fruchtknoten konnten anatomische Details nicht festgestellt werden; doch dürfen sie wohl mit Sicherheit nach den nebenstehenden ergänzt werden.





Übersicht der Blütenformen der untersuchten Infloreszenzen und Einzelblüten.

Paul Baumgartner.



Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.



In unserem Verlage erscheint ferner:

HEDWIGIA

Organ

für

Kryptogamenkunde und Phytopathologie

nebst

Repertorium für Literatur.

Redigiert

von

Prof. Dr. Georg Hieronymus in Berlin.

Begründet 1852 durch Dr. Rabenhorst

als »Notizblatt für kryptogamische Studien«.

Erscheint in zwanglosen Heften. — Umfang des Bandes ca. 36 Bogen gr. 8°.

Preis des Bandes M. 24.—.

Vielfachen Nachfragen zu begegnen, sei bekannt gegeben, daß komplette Serien der **HEDWIGIA** vorhanden sind.

Bei Abnahme der vollständigen Serie werden 25% Rabatt gewährt.

Die Preise der einzelnen Bände stellen sich wie folgt:

Jahrgang	1852—1857	(Band I)		M.	12.—
„	1858—1863	(„ II)		„	20.—
„	1864—1867	(„ III—VI)	à	„	6.—
„	1868	(„ VII)		„	20.—
„	1869—1872	(„ VIII—XI)	à	„	6.—
„	1873—1888	(„ XII—XXVII)	à	„	8.—
„	1889—1891	(„ XXVIII—XXX)	à	„	30.—
„	1892—1893	(„ XXXI—XXXII)	à	„	8.—
„	1894—1896	(„ XXXIII—XXXV)	à	„	12.—
„	1897—1902	(„ XXXVI—XLI)	à	„	20.—
„	1903	(„ XLII)		„	24.—
Band XLIII—LIII			à	„	24.—

DRESDEN-N. Verlagsbuchhandlung C. Heinrich.



Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin

unter Mitwirkung von

Prof. Dr. Hans Schinz in Zürich.

Band XXX.

Zweite Abteilung:
Systematik, Pflanzengeographie, angewandte Botanik etc.

Mit 17 Tafeln und 201 Abbildungen im Text.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.



Inhalt.



Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin

unter Mitwirkung von

Prof. Dr. Hans Schinz in Zürich.

Band XXX.

Zweite Abteilung:
Systematik, Pflanzengeographie, angewandte Botanik etc.

Heft 1.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Ausgegeben am 15. Januar 1913.

Inhalt.

Die Beiträge erscheinen in zwangloser Folge. Jeder Band umfaßt 3 Hefte. Preis des Bandes **M. 16.—.**

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen oder direkt vom Verlage C. Heinrich, Dresden-N.

Zusendungen von Manuskripten und Anfragen redaktioneller Art werden unter der Adresse: Geh. Regierungsrat Professor Dr. O. Uhlworm, Berlin W., Hohenzollerndamm 4, mit der Aufschrift „Für die Redaktion der Beihefte zum Botanischen Centralblatt" erbeten.

Arbeit aus dem pflanzenphysiologischen Institut der Eidgen. Technischen Hochschule in Zürich.

Linnaea borealis L.,
eine monographische Studie.

Von

Emil Giger, Zurzach (Schweiz).

Mit Tafel I—XI und 3 Abbildungen im Text.

In der älteren botanischen Literatur finden sich nur kurze, zum Teil sogar falsche Beschreibungen mit schlechten Abbildungen über *Linnaea borealis* L. In neuerer Zeit erschienen neben vereinzelten Angaben zwei größere Arbeiten von Wittrock über diese Pflanze, in welchen die Morphologie und Systematik behandelt wurden. Die vorliegende Monographie soll nun eine zusammenhängende Darstellung der schon durch ihren Namen ausgezeichneten Pflanze sein, die bis jetzt gänzlich fehlte. Dabei können Morphologie und Biologie, weil zum Teil schon bekannt, auf eine kurze Übersicht beschränkt werden, während die Anatomie und Embryologie auf Grund neuer Untersuchungen und die Verbreitung mit Hilfe einer umfangreichen Literatur eine eingehendere Behandlung erfahren haben.

Die Arbeit entstand in der Hauptsache in den Jahren 1909 bis 1911 und wurde im Pflanzenphysiologischen Institut der Eidgen. Technischen Hochschule ausgeführt. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle dessen Direktor, Herrn Prof. Dr. P. Jaccard, meinem verehrten Lehrer, für die vielen Anregungen und das große Interesse, das er meiner Arbeit stets entgegenbrachte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Manche wertvolle Unterstützung verdanke ich auch bestens Herrn Prof. Dr. Schröter, Herrn Prof. Dr. Rikli die bereitwillige Beschaffung von Literatur, Herrn Prof. Dr. Standfuß die Bestimmung der von mir gesammelten Insektenbesucher und Herrn M. Candrian, Lehrer und Förster in Samaden, die Zusendung von frischem Untersuchungsmaterial und freundl. Entgegenkommen anläßlich meines Aufenthaltes im Engadin.

Das Untersuchungsmaterial holte ich mir zum Teil auch selbst aus dem Oberengadin (Plaungoodwald bei Samaden), und die zum Studium der Entwicklung des Pollens und der Samenanlagen nötigen Blüten wurden anfangs durch verschiedene Mittel fixiert. Als am besten wirksam erwiesen sich der absolute Alkohol und eine

Mischung von Eisessig und absol. Alkohol. Auch Färbungen wurden verschiedene ausgeführt und die besten Präparate erhielt ich mit der Flemmingschen Dreifachfärbung (Safranin-Gentiana-violett-Orange), während die verschiedenen Haematoxylinlösungen nicht so günstig färbten.

Die im Texte sich vorfindenden eingeklammerten Nummern sind Literaturnachweise und beziehen sich auf das angefügte Literaturverzeichnis Seite 65.

---

1. Kapitel.

Nomenklatur und Systematik.

Nomenklatur. Die heute unter dem Namen *Linnaea borealis* L. bekannte Pflanze wird in der alten botanischen Literatur unter fünf verschiedenen Bezeichnungen aufgeführt. Die erste Beschreibung verdanken wir J. Bauhin, welcher die Pflanze auf einer Reise im Bündnerland mit C. Gesner fand und sie 1596 als *Campanula serpyllifolia* J. Bauh. in dem Phytopinax seines Bruders beschrieb (11, S. 141). Eine Abbildung und zugleich bessere Beschreibung veröffentlichte letzterer, C. Bauhin, im Jahre 1620 unter dem gleichen Namen (12, S. 35). Der Däne P. Kylling erwähnte sie 1673 als *Nummularia norvegica* (107, S. 346), damit ihre ihm bekannte Heimat andeutend, und J. C. Buxbaum gab ihr den Namen *Serpillifolia* (30, S. 347), weil die Blüten der ihm aus den Wäldern um St. Petersburg vorliegenden Exemplare eher röhren- als glockenförmige Kronen besaßen. C. Linné, der sich in seinen Werken zuerst der Bauhinschen Bezeichnung bediente, kam bald zur Einsicht, daß er es hier nicht mit einer echten *Campanula* zu tun habe, und stellte sie daher als Typus für eine eigene Gattung auf, die er nach seinem Lehrer O. Rudbeck, dem Jüngern, Rudbeckia benennen wollte (236, S. 5, 6). J. G. Siegesbeck, der den Grundsatz aufstellte, daß alle Namen auf — *folia* zu verwerfen seien, setzte *Obolaria* an die Stelle des Buxbaumschen *Serpillifolia* (191, S. 79).

Den jetzt allgemein geltenden Namen *Linnaea* erhielt die Pflanze erst 1737. Zwar wandte Linné schon 1732 im Tagebuch seiner lappländischen Reise (236, S. 6) neben *Campanula serpillifolia* auch *Linnaea* an, aber erst fünf Jahre später wurde die Gattung *Linnaea* Gron. vom Holländer J. F. Gronovius, nach einem Exemplar aus den italienischen Alpen, in Linnés Genera plantarum aufgestellt (118, S. 188). Linné nahm den von seinen Zeitgenossen ihm gewidmeten Namen an und wir finden in seinen nun folgenden Schriften die Pflanze erwähnt als *Linnaea floribus geminatis* (116, S. 320; 117, Tab. XI; 120, S. 189), daneben aber auch die Bezeichnungen: *Planta nostra* (117, S. 206), *Min-ört* [= Meine Pflanze] (119, S. 137) und *Linnaei-ört* (120, S. 190).

Im Inhaltsverzeichnis seiner Beschreibung der Reisen durch Öland und Gothland im Jahre 1741 wandte Linné zum erstenmal

die binäre Nomenklatur an und dort finden wir *Linnaea unica* erwähnt (236, S. 6). Es scheint aber, daß er mit diesem Artnamen nicht zufrieden war, denn in einer akademischen Disputation „Pan suecus" läßt er 1751 seinen Schüler N. L. Hesselgren wohl die binäre Nomenklatur anwenden, aber für *Linnaea* eine Ausnahme machen und nur den Gattungsnamen anführen (121, S. 253). Erst 1753 erhielt die Art den jetzigen wissenschaftlichen Namen: In seinen Species plantarum beschreibt Linné die *Linnaea borealis* L. (122, S. 631). Diese Bezeichnung hat sich denn auch erhalten und O. Kuntze, welcher in seiner Revisio generum plantarum, für die botanische Namengebung das Jahr 1735 als Anfang festsetzend, die Siegesbecksche *Obolaria* wieder aufnahm, vermochte auch mit dieser seiner vielen Änderungen nicht durchzudringen (101, S. 58; 102, S. 279). Überdies führte Linné schon 1737 eine Gentiane im Hortus Cliffortianus als *Obularia* an (116, S. 323) und beschrieb 1753 in den Species plantarum diese noch heute gültige Gattung (122 I, S. 632). Auch nach den „Internationalen Regeln der Botanischen Nomenklatur", welche die erste Ausgabe der Species plantarum 1753, bezw. die fünfte Ausgabe der Genera plantarum 1754 von Linné als Ausgangspunkt festsetzen, wird die Pflanze den schon seit Linné in der botanischen Literatur gebräuchlichen Namen behalten (25, S. 217; 122, S. 631; 123, S. 692).

Schon sehr früh wurde der wissenschaftliche lateinische Name *Linnaea* auch in die Volkssprache aufgenommen. In der neuern botanischen Literatur finden wir meist nur noch denselben angeführt, während in den ältern auch Trivialnamen vorkommen. Sehr reich an solchen ist die schwedische Sprache, für welche schon Linné in der zweiten Auflage seiner Flora Suecica aus den einzelnen Provinzen anführt: Osterbotten: Benwärkgräs [= Beinschmerzgras], Angermannland: Windgräs, Jämtland: Klaggräs [= Beschwerdegras], Uppland: Torrwärksgräs [= Gichtschmerzgras], Dalsland: Jordkroner [= Erdkrone]. Aus letzterer Provinz fügt Wittrock (236, S. 7) noch Krypgräseblom [= Kriechgrasblume] hinzu und Schübeler erwähnt für ganz Schweden Gigtgräs [= Gichtgras]. Aus Norwegen meldet der letztere (183, p. 251) Noreslegras, Narislegras [= Windgras], Vonelgras [= Schmerzgras] und ebenfalls wie in Uppland Törwärksgras. Die russische Sprache nennt die *Linnaea* (93, S 493) Haarkraut (Wjatka), Waldkriecher (Jarosslaw), Aderkraut und Kreuzkraut (Perm), während das polnische Zimoziol Winterkraut bedeutet. Im deutschen Sprachgebrauch sind die Volksnamen seltener, weil der Name Linnäe schon lange eingebürgert ist, und die erstern sind auch, wo sie angeführt sind, stets erst an zweiter Stelle; solche deutsche Namen sind: Nordrande (31, S. 142), Moosrande (237, S. 353), Erdkrönchen, wohl aus dem Schwedischen herübergekommen, (92, S. 1174) und Moosglocke (17, S. 297). Die Nordamerikaner nennen sie häufig Twin-flower [= Zwillingsblume], eine treffende Charakteristik des gabeliggestellten Blütenpaares. Außerdem trifft man noch die Namen Ground-vine [= Bodenranke]

(24, S. 235), Ground-ivy [= Bodenefeu] und Trumpet-flower [= Trompetenblume] (227, S. 366).

Wie bei vielen andern Gewächsen, so geben auch hier die Volksnamen die volkstümlichen Anwendungen derselben an. Die schwedischen, norwegischen und russischen Namen deuten auf einen medizinischen Gebrauch gegen rheumatische Schmerzen und dies soll tatsächlich durch die Landbevölkerung in Skandinavien geschehen (183, S. 251).

Systematik. Die systematische Stellung der *Linnaea borealis* L. ist sehr klar. Im Linnéschen Sexualsystem gehört sie mit ihren zwei kurzen und zwei langen freien Staubgefäßen zu der 14. Klasse, den Didynamia Angiospermia (118, S. 188). A. L. de Jussieu zählt sie in seinem natürlichen System bereits zur Ordnung der *Caprifoliaceen* unter den monopetalen *Dicotyledonen* [= *Sympetalen* oder *Metachlamydeen*], zu der aber außer der heutigen Familie der *Caprifoliaceen* auch noch *Loranthus*, *Viscum*, *Rhizophora*, *Cornus* und *Hedera* gehörten (85, S. 321). Erst A. P. De Candolle grenzt eine Ordnung der Caprifoliaceen ab, die der heutigen Familie gleichen Namens entspricht. Zugleich vollführt er darin die schon von de Jussieu angedeutete Teilung in zwei Triben. Der Tribus *Sambuceen* umfaßt die Gattungen *Sambucus* und *Viburnum* und ist durch aktinomorphe Blüten, kurze Griffel und eineiige Fruchtknotenfächer charakterisiert. Zum Tribus *Lonicereen* gehören *Lonicera*, sowie *Linnaea* mit ihren verwandten Gattungen *Triosteum*, *Abelia* und *Symphoricarpus*, welche alle zygomorphe Blüten, lange Griffel und mehreiige Fruchtknotenfächer besitzen (38, S. 321). Die hier noch getrennten, aber sehr nahe verwandten Gattungen *Linnaea* und *Abelia* wurden 1872 von W. Vatke bezw. A. Braun vereinigt (225, S. 290). So entstand eine Sammelgattung *Linnaea*, die durch ihren 3fächrigen Fruchtknoten mit zwei sterilen Fächern streng von den verwandten Gattungen *Dipelta* und *Symphoricarpus* geschieden ist. Diese Vereinigung haben auch K. Fritsch (58, S. 8) und P. Graebner (66, S. 121) in ihren systematischen Bearbeitungen der *Caprifoliaceen* bezw. der Gattung *Linnaea* angenommen, so daß heute die Gattung allgemein in folgende zwei Untergattungen geteilt wird:

1. *Eulinnaea* mit kugelig-eiförmiger Kelchröhre, abfallenden Kelchzipfeln und glockig erweiterter Krone: Einzige Art: *Linnaea borealis* L.
2. *Abelia* R. Br. mit schmaler Kelchröhre, bleibenden Kelchzipfeln, und trichter-röhrenförmiger Krone: 26 Arten aus Zentralasien, Ostasien und Mexiko.

Auf Grund der nun bessern Kenntnis der einzelnen Gattungen hat K. Fritsch die *Caprifoliaceen* nicht in zwei, sondern in vier natürliche Triben geteilt (58, S. 8—9); von den Sambuceen wird die Gattung *Viburnum*, die im Gegensatz zu *Sambucus* wie alle übrigen *Caprifoliaceen* introrse Antheren besitzt, als Tribus *Viburneae* abgetrennt. Von den Lonicereen werden die *Linnaeen*

abgeschieden [*Linnaea* inkl. *Abelia, Symphoricarpus, Dipelta*], weil sie neben den zwei mehreiigen sterilen Fruchtknotenfächern auch 1 bezw. 2 eineiige fertile Fächer besitzen und so den Übergang von den *Viburneen* zu den *Lonicereen* bilden.

Neben der typischen Art *Linnaea borealis* L. wurden schon sehr früh auch einige Varietäten aufgestellt und beschrieben, nämlich:

var. *americana* J. Forbes, mit runden, mehrzähnigen Blättern, wurde als Art *L. americana* neben der *L. borealis* unterschieden (53, S. 135). Da aber das Laubblatt bei *Linnaea borealis* L., namentlich in bezug auf die Form, sehr oft stark variieren kann, so ist diesem Unterscheidungsmerkmale kein großer systematischer Wert beizulegen und diese beschriebene Form daher nicht als Art, sondern höchstens als Varietät aufzufassen.

var. *longiflora* J. Torrey, zeichnet sich durch größere Blüten, lange schmale Kelchzipfel und verlängerte Kronröhre aus und findet sich vorzugsweise im westlichen Nordamerika (213, S. 327).

var. *sulphurescens* J. R. Jungner, besitzt außen weiß und innen schwefelgelb gefärbte Krone, deren Röhre sich durch konvexe Form von der geraden oder konkaven der typischen Art unterscheidet (144, S. 151).

var. *pallida* R. Sernander, hat eine weiße Krone mit gelben Flecken an der Innenseite (188, S. 250).

Auf Grund von verhältnismäßig scharf ausgeprägten Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Blumenkrone, der Kelchzipfel und der Laubblätter unterscheidet V. B. Wittrock unter Aufhebung der Varietäten *americana* und *sulphurescens* 140 skandinavische und 6 amerikanische Formen. Die 4 Hauptgruppen der skandinavischen Formen, die er in bezug auf die am stärksten ausgeprägten Unterschiede der Färbung der Kroneninnerseite aufstellt, sind (236, S. 70):

1. *Poliochromae* (Blaßblütige). Außen- und Innenseite der Krone weiß oder weißlich; Zwischenräume zwischen den gelben Streifen des Honigmals weiß. 18 Formen (auch *f. pallida Sern.*).
2. *Mesochromae* (Mittelblütige). Innenseite der Krone weißrötlich, Zwischenräume im Honigmal weiß oder selten rötlich, vor demselben stets rote Flecken. 34 Formen.
3. *Xanthochromae* (Gelbblütige). Innenseite der Krone gelb, sowohl Unter- als auch Oberlippe, Zwischenräume im Honigmal weiß oder hellgelb. 14 Formen.
4. *Erythrochromae* (Rotblütige). Innenseite der Krone rot, Unter- und Oberlippe. Zwischenräume im Honigmal mehr oder weniger rot. 74 Formen.

Ich untersuchte auch die im Oberengadin reichlich vorkommende *Linnaee* nach dieser Richtung und fand eine ebenfalls große, wenn auch nicht so reichliche Variation der Blüten. Es

waren alle vier Gruppen, die soeben charakterisiert wurden, vertreten; da es aber nicht meine Aufgabe ist, auch hier die Formen aufzustellen und Wittrock für die von ihm aufgestellten Formen, die er als Elementararten auffaßt, den Beweis für die Erblichkeit der Unterscheidungsmerkmale nicht erbringen konnte, möge dieser kurze Hinweis auf Wittrocks Formen genügen.

---

2. Kapitel.

Die vegetativen Organe.

1. Morphologie der vegetativen Organe.

Die *Linnaea borealis* L. ist weder ein Halbstrauch, noch eine Staude, wie sie in vielen, auch neuern Floren beschrieben ist, sondern ein echter Strauch. Dieser kriechende Zwergstrauch, so dürfen wir ihn wohl am besten kennzeichnen, gehört nicht zu den Halbsträuchern, weil alle überwinternden Teile verholzt sind, und er ist keine Staude wegen der mehrmals erfolgenden jährlichen Blüten- bezw. Fruchtbildung bestimmter Triebe.

Um von dem Aufbau ein richtiges Bild zu bekommen, gehen wir am besten von einem in Blüte befindlichen Strauche aus. An einem solchen lassen sich leicht neben der Hauptwurzel und den von den Stämmchen ausgehenden Adventivwurzeln folgende Triebe unterscheiden:

A. Langtriebe, niederliegend, aus vielen, langen Internodien zusammengesetzt und von Wittrock Verjüngungstriebe genannt (234, 1878, S. 31).

B. Kurztriebe, aufrecht, aus wenigen, kurzen Internodien bestehend; zu ihnen gehören:

  a) Sterile Kurztriebe oder Assimilationstriebe nach Wittrock (234. 1878, S. 31).

  b) Fertile Kurztriebe oder Fruktifikationstriebe nach Wittrock (234, 1878, S. 30), bestehend aus einem untern vegetativen und obern floralen Teil.

Die Verjüngungstriebe, Assimilationstriebe und die untern Teile der Fruktifikationstriebe bilden mit dem Wurzelsystem zusammen den ausdauernden vegetativen Teil des Strauches, während die obern Teile der Fruktifikationstriebe den einjährigen reproduktiven Teil darstellen.

A. Der Verjüngungstrieb.

Der Verjüngungstrieb oder Langtrieb bildet den kriechenden plagiotropen Hauptstamm des Linnaeastrauches. Er ist vor allem durch die Länge und Zahl seiner Stengelglieder ausgezeichnet, besitzt die Fähigkeit zur Bildung von Adventivwurzeln und kann

daher, losgelöst von der Hauptwurzel, ein selbständiges Leben führen. Als rein vegetativer Trieb besteht er nur aus Stengel, Niederblättern, Laubblättern und Knospen.

Der einjährige Langtrieb, d. h. der vorderste, aus einer Knospe entstandene Teil des Hauptstammes besteht in der Regel aus 8—12 Internodien und kann eine Länge von 25 bis 45 cm erreichen. Die Länge der Internodien eines solchen Jahrestriebes nimmt von der Mitte nach vorn und hinten ab; die mittleren können bis 7,5 cm lang sein, während die vordersten und hintersten oft kaum 1 mm erreichen. Durch die zahlreichen und langen Internodien dieser Langtriebe ist der Strauch in den Stand gesetzt, große Strecken rasch zu überziehen.

An dem ziemlich stark behaarten Stengel sitzen die rundlichen Blätter in zweizähligen, alternierenden Quirlen, also in vier Längsreihen. An der Basis sind es in der Regel zwei Paar Niederblätter (seltener 3 oder 1), von denen das unterste stets mit dem vorhergehenden Blattpaar gekreuzt ist und die aus den Knospenschuppen entstanden sind. Auf die Niederblätter folgen die kurzgestielten Laubblätter, die infolge einer Drehung ihres Stiels stets eine horizontale Lichtlage einnehmen und daher scheinbar in einer Ebene liegen. Höchst selten finden sich dreizählige alternierende Blattquirle, in welchem Falle bald sämtliche Quirle eines Jahrestriebes die Abweichung zeigen, bald nur ein Teil derselben. Trifft das letztere zu, so sind oft die Übergangsformen vom zweizähligen zum dreizähligen Blattquirl vorhanden, aus denen, wie Wittrock gezeigt hat, hervorgeht, daß diese Abweichung vom normalen Verhalten durch Spaltung eines Blattes entsteht (234, 1878, S. 92). Ich traf nie solche dreizählige Blattquirle an, hingegen werden sie außer von Wittrock in Schweden auch von Praetorius aus Konitz in Westpreußen gemeldet (159, S. 39).

Die Form des Laubblattes (Taf. XI, Fig. 105), bezw. der oben dunkelgrünen, unten hellgrünen Blattspreite ist meist eiförmig oder verkehrt eiförmig, mit verschieden starker Haarbildung, daneben aber gibt es auch rundliche und fast nierenförmige. In der Regel ist sie assymmetrisch und zwar durch die ungleiche Stellung und Anzahl der Blattzähne. Die Zahl der schwachen Blattzähne beträgt meistens auf jeder Seite zwei, daneben gibt es aber auch solche mit 0, 1 oder 3 und sogar bis 4 auf einer Seite (var. *americana* 236, S. 41). Ebenso große Variationen, wie die Form und Bezahnung, treffen wir auch bei der Größe (vgl. nam. 236, S. 38 ff); die mittlere Länge beträgt 10—14 mm, die mittlere Breite 8—10 mm. Der Hauptnerv ist am Grunde gerade, weiter oben geschlängelt; die Seitennerven (2—4 jederseits) gehen unter ziemlich großen Winkeln ab, verästeln sich, ohne geschlossene Maschen zu bilden und sind nur durch die Netznerven des Blattrandes miteinander verbunden. Der Stiel ist sehr kurz (1—2 mm) und die Spreite läuft seitlich an ihm bis zum Stengel hinunter. Die Laubblätter erreichen gewöhnlich ein Alter von zwei Jahren; d. h. sie leben zwei Vegetations-

perioden und sterben im Laufe der dritten ab; sie sind deshalb ziemlich derb gebaut.

Knospen. In den Blattwinkeln und an der Spitze des ausgebildeten Triebes werden schon sehr früh die Knospen angelegt. In jedem Blattquirl — mit Ausnahme des ersten (hintersten) Niederblattpaares und der zwei vordersten Laubblattpaare — und an der Spitze des Triebes entsteht je eine große Winterknospe oder Kraftknospe. Dabei ist die Anordnung der seitlichen Winterknospen sehr charakteristisch. Wie schon gesagt, bildet sich in jedem Blattquirl nur eine einzige Winterknospe aus und zwar tritt dieselbe stets in demjenigen Blattwinkel eines Blattpaares auf, welcher an der untern Seite des Stengels liegt. So ergibt sich eine polare Anordnung der Winterknospen, indem dieselben so in zwei Längsreihen an der Stengelunterseite sitzen, ein Verhalten, auf das schon Wichura (233, S. 183) für *Linnaea borealis* L. und andere perennierende Pflanzen mit niederliegenden Stengeln aufmerksam gemacht hat. Die Polarität der Knospen wird bei *Linnaea* durch einen ganz geringen Größenunterschied der sie bedeckenden Blätter angezeigt.

In den nicht mit Winterknospen versehenen Blattwinkeln, d. h. in der Achsel des opponierten Blattes kommen hin und wieder sog. Proventivknospen (Ruheknospen) zur Ausbildung, die bedeutend kleiner sind und erst nach 2—3 Jahren oder auch gar nicht zur Weiterentwicklung kommen. (234, 1878, S. 125.) In diesem Falle sind es gewöhnlich die hintern, also früher ausgebildeten Quirle, welche Winter- und Proventivknospen tragen. Nur ausnahmsweise sind die zwei Knospen eines solchen Quirls gute ausgebildete Winterknospen.

Die Winterknospen bestehen gewöhnlich aus 2—4 Paar kreuzständigen Niederblättern (Knospenschuppen), die den Schutz für den schwach gewölbten Vegetationsscheitel und die 1—2 Paare der oben zusammengeschlagenen Blattanlagen bilden und bei den Endknospen noch durch das oberste, die Knospen umhüllende, unvollkommen ausgebildete Laubblattpaar in ihrer Schutzfunktion unterstützt werden. Diese Niederblätter haben eine länglich-keulenförmige, gewölbte Form und sind mit breiter Basis am Stengel befestigt. Die äußern unterscheiden sich von den innern nur durch ihre Größe (Länge bis 3 mm); alle sind hellgrün gefärbt und besitzen im obern Teil zwei kleine Zähne wie die Laubblattspreite. Der Blattrand und die Außenseite der Mittelrippe sind mit nach hinten umgebogenen großen Haaren und beide Blattflächen mit hellen, kopfigen Drüsenhaaren besetzt.

Bei der Weiterentwicklung der Knospen fallen die Knospenschuppen nicht ab, sondern wachsen aus. Der Zuwachs findet namentlich im obern Teile statt, indem hier ein Teil entsteht, der noch mehr an die Laubblattspreite erinnert und ohne deutliche Grenze in den breiten, scheidenförmigen Stiel übergeht. In der Regel haben die rein vegetativen Knospen, aus welchen die Verjüngungs- und Assimilationstriebe hervorgehen, zwei (selten 3

oder 1) Paar, die gemischten Knospen hingegen, die zu Fruktifikationstrieben auswachsen, drei (seltener 4 oder 2) Knospenschuppen bezw. Niederblätter. Es besteht somit ein ununterbrochener Übergang von den Niederblättern zu den Laubblättern und die obersten (innersten) Niederblätter sind von den letzteren, namentlich bei 3 oder 4 Paaren, oft kaum mehr zu unterscheiden. Die Niederblätter sind auch grün, leben nur wenige Wochen, bleiben aber während des ganzen Sommers in dürrem Zustande noch am Stengel und fallen erst im Herbste ab.

Eine sehr wichtige, schon erwähnte Eigenschaft der Langtriebe ist die Fähigkeit zur normalen Bildung von Adventivwurzeln. Dieselben treten schon am einjährigen Trieb auf und zwar sowohl an dessen Basis direkt hinter dem ersten Blattquirl als auch an den einzelnen Knoten. Es ist jeweilen eine Wurzel hinter dem Blattpaar oder ein Paar hinter- oder nebeneinander; sind es aber mehr als 2 — Wittrock hat an Jahrestriebgrenzen bis 5 beobachtet (234, 1878, S. 96) —, so sind alle hintereinander. Die basalen Nebenwurzeln sind immer stärker als die andern, namentlich wenn sie einzeln stehen, und erreichen auch immer ein höheres Alter (vergl. S. 15).

Aus den Winterknospen entstehen zu Beginn der folgenden Vegetationsperiode neue Triebe. Die Endknospe wächst zu einem neuen Langtrieb aus und verlängert so den Hauptstamm. Die wechselständigen Seitenknospen entwickeln sich zu Kurztrieben, so daß ein wechselständiges Verzweigungssystem entsteht. In der Regel entstehen aus den besser ausgebildeten Knospen mit drei Paar Knospenschuppen, welche den mit Nebenwurzeln versehenen Jahrestriebgrenzen und Knoten folgen, die Fruktifikationszweige, während aus den vordern, schwächern Knospen die Assimilationszweige hervorgehen. Vielfach konnte ich einen direkten Zusammenhang zwischen der Bewurzelung und der qualitativen Ausbildung der Seitenzweige konstatieren. Bei starker, reichlicher Entwicklung von Adventivwurzeln in humusreichem Boden sind alle Seitentriebe fertil, während bei schlechter oder fehlender Ausbildung des Wurzelsystems nur Assimilationszweige entstehen.

Durch die jährliche Angliederung eines neuen Langtriebes wird der Hauptstamm, der im dritten Jahre auch die Laubblätter verliert, stark verlängert. Vom hintern, älter werdenden Teile gehen nur noch die Adventivwurzeln und die Seitenzweige aus, welche letztere in die Höhe wachsen und auch die untern Blätter verlieren. Der alte kahle Erdstamm wird durch das emporwachsende Moos einerseits und durch den aus den niederfallenden Nadeln der Waldbäume entstehenden Humus andererseits immer mehr verdeckt und unterscheidet sich schließlich kaum mehr von einem kriechenden Rhizom. Durch die sich stets angliedernden Langtriebe kann er eine recht beträchtliche Länge erreichen; Wittrock hat solche Stämme von bis 3 m Länge beobachtet (234, 1878, S. 87), während Linné sogar von solchen von bis 6 m berichtet (117, S. 208). Ich selbst sah nie so stark ausgebildete Exemplare; die längsten waren ca. 4 m lang. Diese starke Längenentwicklung

läßt auch auf ein hohes Alter der betr. Sträucher schließen. Das höchste Alter, das Wittrock (234, 1878, S. 87) beobachtete, betrug 13 Jahre; er meint aber, daß sie bis zu 20 Jahren leben können und eine eigene Beobachtung von 17jährigen Stämmen scheint mir dies zu bestätigen. Hat der hinterste Stammteil ein so hohes Alter erreicht, so beginnt er abzusterben; der Strauch bleibt aber dennoch in seiner Ausdehnung gleich, weil der abgehende Teil stets durch die vorn neugebildeten Triebe ersetzt wird.

Könnte die Entwicklung in der oben angegebenen normalen Weise stets vor sich gehen, so würde ein Linnaeastrauch von idealer Einfachheit entstehen. Derselbe bestünde aus einem einzigen, langen niederliegenden Hauptstamm, zusammengesetzt aus mehreren Langtrieben, an dessen Seite wechselständig die Kurztriebe sitzen würden. Das ganze Sproßsystem hätte im Verhältnis zu seinem Durchmesser eine sehr starke Längenentwicklung. Es wurde aber bis jetzt noch kein solcher Strauch beobachtet, und wenn wir die Linnaeapflanzen an ihren natürlichen Standorten betrachten, so finden wir, daß sich ein Individuum meist nach allen Seiten gleich ausbildet.

Die Ursachen dieser Abweichung von der sozusagen normalen Entwicklung hat schon Wittrock beschrieben (234, 1878, S. 23) und seine Ausführungen sind in neuerer Zeit von Sernander ergänzt worden (187, 188). Diese Abweichungen beruhen in allererster Linie darauf, daß nicht nur aus der Endknospe der Langtriebe neue Verjüngungstriebe entstehen, sondern auch aus den Seitenknospen und den Knospen von Kurztrieben. Die Hauptursachen dieser Neubildungen sind:

1. Verletzung der Endknospe (durch Pilze oder Tierfraß). In diesem Falle beruht die abnormale Bildung von neuen Trieben auf Korrelation.
2. Prolepsis. d. h. die Weiterentwicklung der Knospen vor Ablauf einer Ruheperiode, also vor der zweiten Vegetationsperiode. Diese Erscheinung tritt am häufigsten auf und wird namentlich durch einen milden Herbst und die dadurch stark verlängerte Vegetationsperiode begünstigt.
3. Opsigonie. Mit diesem Ausdruck bezeichnet Wittrock (234, 1878, S. 126) die verspätete Weiterentwicklung von Knospen, d. h. die Entstehung von Trieben nach dem Beginn der zweiten Vegetationsperiode. Diese seltene Erscheinung betrifft immer die Proventivknospen, welche frühestens im Spätsommer des zweiten Jahres zur Entwicklung gelangen können.

Durch das Zusammenwirken dieser verschiedensten Ursachen kommt eine große Mannigfaltigkeit der Verzweigung zustande und es wird daher angezeigt sein, hier in aller Kürze eine Zusammenstellung der bis jetzt beobachteten Fälle der Langtriebbildung zu geben.

Die Verjüngungstriebe können entstehen:

A. Aus Verjüngungstrieben.

a) Aus Endknospen.
1. Durch normale Entwicklung.
2. Durch proleptische Entwicklung (188, S. 248).

b) Aus Seitenknospen.
1. Bei Verletzung der Endknospe.
α) Durch normale Entwicklung zu Beginn der zweiten Vegetationsperiode. In diesem Falle wachsen gewöhnlich die 1—2 folgenden Seitenknospen aus.
β) Durch proleptische Entwicklung noch in der ersten Vegetationsperiode, wenn die Verletzung schon sehr früh, d. h. im Stadium des lebhaften Wachstums stattgefunden hat. (234, 1878, S. 86; 188, S. 248.)
2. Ohne Verletzung der Endknospe.
α) Durch proleptische Entwicklung. Dies ist der am häufigsten vorkommende Fall der Bildung von proleptischen Langtrieben als Seitenzweige (234, 1878, S. 84; 188, S. 248).
β) Durch opsigone Entwicklung von Proventivknospen. So entstehen, wie auch Sernander angibt, die ersten Abweichungen vom normalen Bauplan des jungen Linnaeastrauches. (234, 1878, S. 84, 127; 188, S. 255.)

B. Aus Assimilationstrieben, nur aus Endknospen.
1. Durch spontane Entwicklung der Endknospe zu Beginn der zweiten Vegetationsperiode (234, 1878, S. 84).
2. Durch proleptische Entwicklung der Endknospe (188, S. 248).

C. Aus Fruktifikationstrieben.
1. Durch spontane Entwicklung einer obern Seitenknospe im Anfang des zweiten Jahres (234, 1878, S. 84).
2. Durch proleptische Entwicklung der Seitenknospen (188, S. 248).

Die proleptisch entwickelten Verjüngungstriebe werden nie so lang wie die normal gebildeten, indem sie meist nur 5—10 Internodien bilden. Außerdem sind sie durch eine geringere Zahl von Niederblättern ausgezeichnet (1 Paar, selten 2 oder 0), weil sie aus jugendlichen, noch nicht ganz ausgebildeten Knospen entstanden sind. Eine oft auftretende Erscheinung ist die Abgrenzung der proleptischen Verjüngungstriebe durch eine Infloreszenz (188, S. 251). Ebenso bewirkt das starke Längenwachstum derselben, daß in den jüngern vordern Teilen bei der kurzen Entwicklungszeit die schützenden Gewebe nicht genügend ausgebildet werden können, die Spitzen im Winter erfrieren und so durch Korrelation wieder

seitliche Verjüngungstriebe entstehen. So läßt sich leicht begreifen, daß die proleptisch entwickelten Triebe einen Hauptanteil an der so unregelmäßigen Ausbildung des Sproßsystems von *Linnaea* haben.

B. Der Assimilationstrieb.

Die Assimilationstriebe oder sterilen Kurztriebe entstehen im zweiten Jahre aus den Seitenknospen der Verjüngungstriebe und bilden so Seitenzweige. Sie sind stets aufrecht, besitzen weniger und kürzere Internodien und erzeugen niemals Adventivwurzeln.

Der einjährige Assimilationstrieb wird nur 4—5 cm lang und die Zahl seiner Internodien schwankt zwischen 4 und 6 (Taf. I., Fig. 6); auch hier sind die längsten Internodien die mittleren (bis 2,5 cm). An der Basis sitzen normal zwei Paar Niederblätter (seltener nur 1), die wie die Laubblätter kreuzständig angeordnet sind. Wegen der verhältnismäßig großen Anzahl der Blätter eines solchen Kurztriebes — es können bis zu 10 sein — spielt derselbe eine wichtige Rolle im Ernährungshaushalt der Pflanze, indem er den Hauptanteil an der Assimilation hat und so den Namen, den ihm Wittrock erteilt hat, vollkommen verdient. Winterknospen werden in der Regel nur an der Spitze dieser Triebe entwickelt. Die Seitenknospen sind, wenn überhaupt solche vorhanden, Proventivknospen und werden nur ganz selten als Winterknospen ausgebildet.

Aus der terminalen Winterknospe, die mit 2—1 Paar Knospenschuppen versehen ist, entsteht im zweiten Jahr ein neuer Assimilationstrieb von gleicher Beschaffenheit. Diese Weiterentwicklung kann auch im dritten Jahre noch regelmäßig vor sich gehen (Taf. I, Fig. 7), während im vierten Jahr meist nur noch ein schwacher Assimilationstrieb entsteht, der nicht mehr weiter entwicklungsfähig ist und so mit dem vierten Jahre das Längenwachstum aufhört. Auch an den Assimilationstrieben bleiben die Laubblätter zwei Jahre lebend und beginnen im dritten Jahre unten abzusterben.

Die Prolepsis spielt bei der Bildung der Assimilationstriebe eine noch größere Rolle, als bei den Langtrieben, so daß hier eine Entstehung auf die verschiedensten Arten zustande kommt und diese sterilen Kurztriebe sich entwickeln können:

A. Aus Verjüngungstrieben.

a) Aus Seitenknospen.

1. Durch normale Entwicklung.
2. Durch proleptische Entwicklung (234, 1878, S. 86; 188, S. 248).
3. Durch opsigone Entwicklung von Proventivknospen mit ein- oder zweijähriger Ruhezeit (234, 1878, S. 127; 188, S. 249).

b) Aus Endknospen.

1. Durch spontane Entwicklung zu Beginn der zweiten Vegetationsperiode (234, 1878, S. 85).
2. Durch proleptische Entwicklung (188, S. 248).

B. Aus Assimilationstrieben.

a) Aus Endknospen.

1. Durch normale Entwicklung.
2. Durch proleptische Entwicklung (234, 1878, S. 86; 188, S. 248).

b) Aus Seitenknospen.

1. Durch spontane Entwicklung am Anfang der zweiten Vegetationsperiode (234, 1878, S. 85).
2. Durch proleptische Entwicklung (234, 1878, S. 86). Nur von Wittrock beobachtet und zwar bei Zerstörung der Endknospe durch parasitäre Pilze.

C. Aus Fruktifikationstrieben.

a) Durch spontane Entwicklung der Seitenknospen im zweiten Jahre (234, 1878, S. 84).

b) Durch proleptische Entwicklung der Seitenknospen (234, 1878, S. 86; 188, S. 248).

Auch hier erreichen, wie bei den Verjüngungstrieben, die proleptisch entwickelten Triebe nie eine so hohe Entwicklungsstufe. Sie besitzen auch meist nur ein Paar Niederblätter und auch die Zahl der Laubblattquirle sinkt bis auf 1—2. Hingegen wird die Endknospe gut ausgebildet und aus ihr kann sich in der folgenden Vegetationsperiode ein normaler Assimilationstrieb entwickeln.

C. Der Fruktifikationstrieb.

Die Fruktifikationstriebe oder fertilen Kurztriebe bilden die Blütenzweige des Linnaeastrauches und entstehen ebenfalls im zweiten Jahre aus den Seitenknospen eines Verjüngungstriebes. Wie die Assimilationstriebe sind sie auch aufrecht, hingegen von den erstern durch die Infloreszenz und die manchmal an der Basis auftretenden Adventivwurzeln unterschieden.

Der Fruktifikationstrieb zerfällt in zwei Teile; in einen untern, ausdauernden, vegetativen Teil, der uns hier beschäftigen soll und einen obern, einjährigen, floralen Teil, der im folgenden Kapitel eine eingehendere Behandlung erfahren wird.

Der untere, vegetative Teil erinnert ganz an den Assimilationstrieb. Er ist ungefähr gleich lang, besitzt aber weniger und dafür längere Internodien, welche von unten nach oben an Länge zunehmen. An der Basis sitzen in der Regel drei (seltener zwei oder vier) Niederblattpaare, von denen das oberste oft laubblattartig entwickelt ist (Taf. I, Fig. 1 u. 2). Auf die Niederblätter folgen 1—2 Paar Laubblätter in der normalen gekreuzten Stellung, die sich sehr oft von den andern Laubblättern durch eine geringere Anzahl von Blattzähnen (meist zwei) unterscheiden. Sehr selten — Wittrock hat nur einen einzigen Fall beobachtet — kommen auch abnorme dreizählige Quirle vor (234, 1878, S. 91). Da die Achse des vegetativen Teils sich in die Hauptachse des Blütenstandes fortsetzt, fehlen die Endknospen stets. Dafür trägt immer der

oberste Blattquirl eine Winterknospe (selten zwei) und sehr häufig auch der untere Quirl eine solche. Charakteristisch für den fertilen Kurztrieb ist auch die Bildung der Adventivwurzeln, welche stets an der Basis des Triebes entstehen, und zwar an der starken Biegung, die durch den negativen Geotropismus des aus einer nach unten gerichteten Winterknospe entstehenden Triebes verursacht wird.

Aus den seitlichen Winterknospen entstehen im zweiten Jahre wieder Fruktifikationstriebe von gleicher Beschaffenheit und oft sind noch die Blütenstiele der vorjährigen Infloreszenz erhalten (Taf. I, Fig. 3—5). Wenn die Triebe des zweiten Jahres noch nahe genug am Boden sind, können auch sie wieder Adventivwurzeln bilden. Durch die jeweilige Weiterentwicklung kann der untere vegetative Teil eines solchen Fruktifikationszweiges ein Alter von 4—5 Jahren erreichen. Auch bei den Fruktifikationstrieben kommen neben der normalen Entstehung noch verschiedene andere Bildungsweisen vor, bei denen die Prolepsis auch eine wichtige Rolle spielt. Es können nämlich Fruktifikationstriebe ihren Ursprung nehmen:

A. Aus Verjüngungstrieben.

a) Aus Seitenknospen.

1. Durch normale Entwicklung.
2. Durch proleptische Entwicklung (234, 1878, S. 86; 188, S. 248).
3. Durch opsigone Entwicklung von Proventivknospen bei beschädigter oder aber auch unbeschädigter Spitze des Triebes (188, S. 249).

b) Aus Endknospen.

Durch proleptische Entwicklung (234, 1878, S. 85, 86; 188, S. 249).

B. Aus Assimilationstrieben.

a) Aus Endknospen.

1. Durch spontane Entwicklung zu Beginn der zweiten Vegetationsperiode (234, 1878, S. 85).
2. Durch proleptische Entwicklung (188, S. 248).
3. Durch opsigone Entwicklung (188, S. 248).

b) Aus Seitenknospen.

1. Durch spontane Entwicklung (234, 1878, S. 85).
2. Durch proleptische Entwicklung (188, S. 248).

C. Aus Fruktifikationstrieben (Seitenknospen).

1. Durch normale Entwicklung.
2. Durch proleptische Entwicklung (188, S. 247, 248).

Die proleptischen Fruktifikationstriebe zeichnen sich einerseits durch die Reduktion des untern vegetativen Teils und andererseits durch eine sehr häufig abnorme, meist mehr- als zweiblütige Infloreszenz auf. Der vegetative Teil kann sogar vollständig fehlen

und der ganze proleptische Trieb nur aus dem obern floralen Teil bestehen. Die vielen und außerordentlich mannigfaltigen Abweichungen in der Ausbildung der Infloreszenz hat bereits Wittrock ausführlich beschrieben (234, 1879, S. 137 ff.; 236, S. 42 ff.). Eine kurze Zusammenstellung der bis jetzt beobachteten Fälle findet sich Seite 30.

D. Das Wurzelsystem.

Das Wurzelsystem setzt sich aus zweierlei Wurzeln zusammen, die sich bei sonst gleicher Beschaffenheit nur durch ihre verschiedene Entstehungsweise unterscheiden. Es sind dies:

1. Die Hauptwurzel. Sie geht aus der Keimwurzel hervor, erreicht aber nie eine starke Entwicklung und stirbt früh ab. Die ältesten von mir beobachteten waren fünf Jahre alt.
2. Die Adventivwurzeln. Diese sind endogene Bildungen des Stengels und bilden durch ihre reichliche Entwicklung den Ersatz für die abgehende Hauptwurzel und daher bei ältern Individuen das gesamte Wurzelsystem. Diese für die Pflanzen des Waldbodens sehr charakteristische Bildung von Adventivwurzeln (55, S. 138) ist von größtem Vorteil für den weit ausgebreiteten Linnaeastrauch, indem durch sie die Wege des Wassers und der darin enthaltenen Nährstoffe für die Langtriebe reduziert werden. Diese Adventivwurzeln bilden sich, wie schon erwähnt (vergl. S. 9 u. 13), an den Verjüngungstrieben, vorzugsweise an den Jahrestriebgrenzen, und an der Basis von Fruktifikationstrieben.

Haupt- und Adventivwurzeln sind nach dem Haftwurzeltypus (55, S. 138) gebaut, indem für die Verankerung der auf der Bodenfläche meist nur aufliegenden Langtriebe mit den vielen aufrechten Kurztrieben ein verhältnismäßig langer Wurzelstamm gebildet wird. Die für die Wasserabsorption erzeugten Nebenwurzeln sind hingegen ziemlich schwach entwickelt; dieselben besitzen wohl eine dem Wurzelstamm nahekommende Dicke und Länge, aber ihre Verzweigung ist meist sehr schwach und über die Bildung von Nebenwurzeln zweiter Ordnung geht es wohl selten hinaus. Diese Reduktion der Nebenwurzeln ist einerseits durch die große Zahl der Adventivwurzeln, andererseits durch die leichte Wasseraufnahme im feuchten Boden, die geringe Transpiration in der feuchten Luft und die schwache Assimilation im Schatten des Waldes bedingt. Die stets schwächliche Hauptwurzel bildet nur Nebenwurzeln erster Ordnung und verschwindet mit dem Erstarken der ersten Adventivwurzeln, welch letztere bis 20 cm lang und bis 16 Jahre alt werden (sehr selten) und unter bestimmten Umständen auch Nebenwurzeln bis vierter Ordnung bilden können. Das Speichervermögen aller Wurzeln ist nicht sehr groß, weil die Hauptmasse der Assimilate in dem stark entwickelten oberirdischen

Sproßsystem einen Überwinterungsplatz findet und daher sind auch die Wurzeln selten von großer Dicke. Eine Mykorrhiza, die bei den Bewohnern des humusreichen Waldbodens so häufig angetroffen wird (z. B. Ericaceen), konnte ich bei *Linnaea borealis* L. nie beobachten.

2. Anatomie der vegetativen Organe.

A. Der Stengel.

Die stärkste und beste Entwicklung erreicht der Stengel in den normalen Verjüngungstrieben, und um einen Einblick in die anatomischen Verhältnisse des Stengels überhaupt zu bekommen, unterwerfen wir diese kriechenden Triebe zunächst einer nähern Untersuchung.

Im Vegetationsscheitel der Endknospe eines Verjüngungstriebes zeigt sich eine deutliche Gliederung des Meristems in drei Teile. Das einschichtige Dermatogen überzieht das oben zwei- bis dreischichtige Periblem, unter welchem die 5—6 Schichten des Pleroms liegen. Wenn nun zu Beginn einer neuen Vegetationsperiode die Knospe zu einem neuen Langtrieb auswächst, finden in dem hinter dem weiterwachsenden Vegetationskegel bleibenden Stengel sehr früh Differenzierungen in verschiedene Gewebe statt (Taf. II, Fig. 8 u. 11).

Das Dermatogen bleibt einschichtig und wird zur Epidermis des jungen Stengels, indem seine Zellen langgestreckt und dickwandig werden. Zugleich entstehen neben diesen gewöhnlichen Zellen große, nach hinten umgebogene, spitze Deckhaare mit rauher, gekörnter Oberfläche, die dem Stengel eine ziemlich starke Behaarung geben. Außerdem erscheinen auch kurzgestielte Drüsenhaare, bestehend aus einem einzelligen Stiel und 6—8 zelligem Köpfchen, und in geringerer Anzahl Spaltöffnungen mit in der Längsrichtung des Stengels orientierten Spalten. Alle Elemente werden von einer noch schwachen Cuticula bedeckt.

Das Periblem wird zur Rinde, die auch aus länglichen Zellen besteht, bald chlorophyllhaltig wird und so im jungen Stengel zur Assimilationstätigkeit herangezogen werden kann. Die Rindenzellen sind von vielen Interzellularen umgeben und werden dickwandig. Diese Verdickung beginnt an den tangentialen Wänden der äußersten der 3—4 Rindenschichten.

Die größten Veränderungen aber gehen in dem sich zum Zentralzylinder entwickelnden Plerom vor sich, in welchem drei gut unterscheidbare Zonen auftreten und dessen Zellen gegenüber denjenigen der Rinde noch sehr zart sind. Die äußerste Zone besteht aus 2—3 Lagen großer Zellen, die ohne Interzellularen aneinander schließen. Sie sind auch langgestreckt, besitzen horizontale Querwände und die äußersten, an die Rinde grenzenden Zellen übertreffen alle andern an Größe. Diese periphere Zone des Zentralzylinders bildet den sog. Perizyklus, der die Gefäßbündel von der Rinde trennt und hier sehr deutlich ausgebildet ist. Auf

den Perizyklus folgt das durch tangentiale Teilungen aus 3—4 radial angeordneten, engeren, aber ebenfalls langgestreckten Zellen bestehende Prokambium, welches durch zwei Übergangsschichten in das aus großen polygonalen Zellen zusammengesetzte Mark übergeht. Der ganze Stengel hat in diesem Stadium, bezw. im vordersten Internodium des wachsenden Triebes, eine viereckig-rundliche Querschnittsform.

Bevor das Längenwachstum des Stengelinternodiums aufhört, tritt in den vier Ecken des Prokambiums das Protoxylem auf, bestehend aus je 3—5 Gruppen von 4—6 radial hintereinander gelagerten Gefäßen (Taf. II, Fig. 9 u. 10). Die große Mehrzahl derselben sind durch breite, verholzte Spiralbänder verdickt und nur selten treten Ringgefäße auf. Die innersten Spiralgefäße sind von den parenchymatischen Zellen des Grundgewebes umgeben, die lange unverholzt bleiben und von denen aus zwischen den radialen Gefäßstrahlen die ein- bis zweischichtigen, unverdickten Markstrahlen verlaufen. Während dieser Bildung des auf die Ecken beschränkten Protoxylems finden im übrigen Prokambium weitere tangentiale Teilungen statt und es entsteht ein breiter zusammenhängender Gewebering, das Kambium. In diesem, 5—6 radial angeordnete Zellagen enthaltenden Bildungsgewebe tritt sehr früh eine Differenzierung in größere, längliche und kleinere, polygonale bis rundliche Elemente statt. Die erstern werden zu Markstrahlzellen, die letztern zu Gefäßen und Holzprosenchym. Am äußern Rande bilden sich durch Teilung die ersten kleinen Zellen des Phloem (Taf. II., Fig. 8—9).

Noch vor beendigtem Längenwachstum, ungefähr 10—12 Tage nach dem Beginn der Stengelentwicklung, beginnt sich die äußerste Zellschicht des Perizyklus, nachdem die Querwände beim Längenwachstum eine stark schiefe Stellung bekommen haben, zu verdicken (Taf. II., Fig. 12). Es entsteht ein ununterbrochener Ring von großen zugespitzten Sklerenchymfasern, deren Wandungen nur von wenigen quergestellten einfachen Poren durchbrochen sind. Die Verdickung der Wände ist nicht sehr groß, dafür aber tritt eine starke Verholzung ein und so bildet dieser einschichtige Sklerenchymring, der bei andern Vertretern der Gattung, z. B. L. *triflora* R. Br. et Vatke unterbrochen ist, das mechanische System des jungen Stengels (125, S. 51). Die innern Zellen des Perizyklus erleiden vorerst noch keine Veränderung, sie bleiben parenchymatisch und unverholzt, und wir haben es hier daher mit einem sog. heterogenen Perizyklus zu tun, wie ihn Morot (140, S. 256, 258) in ganz ähnlicher Ausbildung bei *Lonicera* beschrieben hat.

Mit der Differenzierung der Sklerenchymringes werden durch die Zunahme des sich teilenden und vergrößernden Kambiums die Zellen der Rinde etwas abgeplattet. Die äußern Rindenschichten werden dickwandiger, zum Teil sogar kollenchymatisch, während die innersten, dem Perizyklus angelagerten Zellen das Chlorophyll verlieren und dafür stärkehaltig werden. So erhält der Stengel eine deutlich ausgebildete Stärkescheide, durch welche

die Trennung von Rinde und Zentralzylinder noch vollkommener wird. Die Zellen der Stärkescheide oder Grenzschicht der Rinde, wie sie Fischer (51, S. 13) bezeichnet hat, sind durch ihre Regelmäßigkeit und den engen lückenlosen Zusammenschluß von den übrigen Rindenzellen ausgezeichnet. Sie enthalten mehrere große Stärkekörner, welche mit der Beendigung der Verholzung des angrenzenden Sklerenchymrings verschwinden (Taf. II., Fig. 12). Diese letztere Erscheinung läßt einen Zusammenhang zwischen den Zellen der Stärkescheide und des Sklerenchymringes vermuten. In der Tat hat schon Fischer darauf hingewiesen, daß ein solcher Zusammenhang der Grenzschicht mit der Entwicklung und Verdickung des Sklerenchyms möglich sein kann, und seine Beobachtungen sind durch eingehende Untersuchungen und Experimente von Tondera bei vielen Pflanzenfamilien bestätigt worden. Letzterer hat nachgewiesen, daß die plastischen Stoffe, die im Parenchym der Rinde durch die assimilatorische Tätigkeit des Chlorophylls gebildet werden, als Baustoffe beim Wachstum des mechanischen Gewebes oder Holzringes Verwendung finden. Diese Stoffe werden der Rinde entzogen und in den innersten Rindenzellen, den Stärkezellen angesammelt. Von hier aus findet dann die Resorption durch den sich entwickelnden Festigungsring statt (212, S. 1646, 1647).

Sobald das Internodium sein Längenwachstum vollendet hat, setzt die Bildung des Metaxylems ein. Die schon stark differenzierten Zellen des Kambiums beginnen sich zu verdicken und zu verholzen. Es entsteht ein kontinuierlicher Holzring, bestehend aus Gefäßen und Holzprosenchym. Die erstern werden zuerst an der innern Seite gebildet und in radialer Richtung folgen nach außen Tracheïden und Libriformfasern, deren Zahl durch weitere Teilungen des Kambiums noch vergrößert wird. In der peripheren Zone des Prokambiums hat sich unterdessen durch unregelmäßige Teilung das Phloem ausgebildet, ein Gewebe, das aus kleinen, dünnwandigen Zellen besteht, die im Längsschnitt langgestreckt und mit schiefen oder wagrechten Querwänden versehen sind.

In der Übergangszone des primären Holzringes zum Mark, d. h. in der Markkrone werden die zwei äußersten, mit den Tracheïden in direkter Verbindung stehenden Zellschichten ebenfalls verdickt und verholzt, während die inneren Zellen des Markes dünnwandig und noch unverholzt bleiben. Die Zellen der Markkrone bleiben durch viele längliche einfache Poren miteinander und mit den Markstrahlen in Verbindung und füllen sich allmählich mit Stärke. Auch in ihrer Form sind die äußersten zwei Zellschichten des Marks von den übrigen Zellen verschieden; sie bilden einen Übergang von den Tracheïden des Holzes zum Mark. Die äußersten sind noch fast so lang wie die Tracheïden, währenddem die innere Schicht aus kürzern Elementen besteht und ihre Form sich so mehr derjenigen der Markzellen nähert. Das Mark ist übrigens in der ganzen Länge des Stengels gleich stark entwickelt und an den Knoten zeichnet es sich nur durch einen etwas größeren Durchmesser aus (Taf. II, Fig. 12).

In der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode erleidet der Stengel keine großen Veränderungen mehr und so haben wir denn zu Beginn des Winters einen Langtrieb von folgendem anatomischen Bau:

Der ganze Stengel ist noch von einer Epidermis umgeben, deren Wände, namentlich die tangentialen, stark verdickt sind. Die Deckhaare sind zum größten Teil abgefallen, so daß der Stengel nur noch schwach behaart ist. Die Epidermis ist von einer dünnen Kutikula überzogen. Die darunter liegenden Rindenzellen sind abgeplattet und die äußersten davon ähnlich wie die Epidermiszellen verdickt. Von dem Chlorophyll sind nur noch wenige Überreste vorhanden und die Stärkescheide ist ganz entleert worden; das Gewebe ist im Absterben begriffen. Im Perizykel sind die dickwandigen Zellen des Sklerenchymrings stark verholzt. Aber auch die übrigen Elemente desselben sind mit Ausnahme der Zellen der innersten Schicht verdickt und verkorkt. So bildet der Perizykel beim einjährigen Stengel den Ersatz für den erst später gebildeten Kork, der im zweiten Jahre aus der innersten Zellschicht des Perizyklus entsteht. In diesem Punkte unterscheidet sich *Linnaea borealis* von den Vertretern der Untergattung *Abelia*, bei welchen der Kork schon im ersten Jahr aus der dem Sklerenchymring folgenden, also der zweitäußersten Perizyklusschicht entsteht (125, S. 50, 51).

Das Phloem bildet jetzt einen Ring von 4—5 Schichten. Seine Zellen sind dünnwandig, langgestreckt und sehr gleichartig gebaut. Eine Ausbildung von typischen Siebröhren konnte ich nicht beobachten. Die einzige Differenzierung kommt durch die horizontal oder schräg gestellten Querwände zustande. Die meisten Zellen, namentlich aber die äußersten Reihen, sind jetzt dicht mit Stärke angefüllt.

Auf das Phloem folgt durch Vermittlung der innersten Schicht desselben in fast unmerklichen Übergang das ein-, höchstens zweischichtige Kambium, ebenfalls aus zarten, langgestreckten, aber regelmäßig angeordneten Zellen bestehend.

An den Kambiumring schließt sich der Ring des primären Holzes an. In den hintersten und ältesten Internodien des Jahrestriebes enthält er 5—7 radiale Zellreihen, indem dort durch die Tätigkeit des Kambium mehr Schichten von Metaxylem gebildet werden konnten, als in den vordern, jüngern, wo es nur noch zur Bildung von 3—5 Zellschichten kommen konnte. An den vier Ecken ist das Holz aus Proto- und Metaxylem zusammengesetzt (Taf. III, Fig. 17). Auf die Markkrone folgen die in parenchymatischen Zellen eingebetteten Spiral- und Ringgefäße mit den Markstrahlen. Das Parenchym ist jetzt, als letztes Gewebe des Holzzylinders, verholzt, schwach porös, mit Stärke gefüllt und vermittelt den Übergang vom Mark zu den Markstrahlen. Nach außen schließt sich der Metaxylemring an, zuerst 1—2 Gefäße in jeder Reihe und dann 2—3 Tracheïden, bezw. Holzfasern. Die Verbindungsstücke zwischen den vier Ecken werden nur durch das Metaxylem gebildet; die Verbindung mit dem Mark stellen aber hier nur Tracheïden her,

auf welche dann erst die Gefäße und das äußere Holzprosenchym folgen (Taf. III, Fig. 15). Vom Mark zum Phloem gehen, ebenfalls in radialen Reihen, die einschichtigen Markstrahlen, die auch aus porösen und stärkehaltigen Zellen bestehen. Da zwischen je zwei Markstrahlen nur 1—3 Holzreihen verlaufen, ist die Zahl der ersteren eine sehr hohe; ich zählte stets 80—90.

Vom Mark sind jetzt außer den Zellen der Markkrone auch die innern, dünnwandig gebliebenen Zellen verholzt. Da sie aber nicht, wie die Elemente der Markkrone, mit Stärke, sondern mit Luft gefüllt sind, so ist das Mark jetzt aus zweierlei Zellarten zusammengesetzt, nämlich aus den leeren des Markinnern und den verdickten, aktiven und stärkeführenden der Markkrone. Wir haben es hier mit einem sog. heterogenen Mark zu tun, wie es bei den meisten *Caprifoliaceen* zur Ausbildung kommt (68, S. 226, 236).

Der Stengel hat jetzt in allen Zellen der Markkrone und Markstrahlen und in den meisten des Phloems Reservestärke in großer Menge aufgespeichert und besitzt so ein großes, zusammenhängendes Speichersystem für eine neue Vegetationsperiode, in welcher zuerst das Strahlenparenchym, dann das Phloem und erst zuletzt und meist nur teilweise die Markkrone entleert werden.

Sekundäres Dickenwachstum.

Zum Beginn der zweiten Vegetationsperiode muß der wasserleitende Holzkörper für die Versorgung mit Wasser von neu entstandenen Trieben, sowie für die Assimilation und Transpiration wieder beginnenden Blätter sorgen. Um den plötzlichen, gesteigerten Ansprüchen genügen zu können, setzt sehr früh eine rasche Bildung von neuem Holz ein, bestehend aus meist einer Reihe großer Gefäße, welche von einigen Tracheïden umgeben sind und zwischen denen die Markstrahlen radiär weiter verlaufen. Es kommt aber nie zur Bildung eines vollständigen Ringes, sondern es werden nur an die vier Seiten des primären Holzes je 6—12 Gefäße angelagert, weil an den Ecken der Raum und die Entwicklungsverhältnisse durch die stärkere Ausbildung des Holzes — es besteht dort aus Proto- und Metaxylem — offenbar beschränkt sind (Taf. IV, Fig. 21). Es scheint auch, daß diese reduzierte Neubildung den Bedürfnissen völlig genügt; denn während des ganzen Sommers kommen außerhalb der Gefäße nur noch 1—2 Reihen von Tracheiden und Libriform hinzu. Die geringe Anzahl der neuen Gefäße wird uns aber erklärlich durch die Weite derselben. Sie übertreffen nämlich die Gefäße des primären Holzringes in dieser Beziehung ganz bedeutend; denn während die letztern im Durchmesser nicht über 0,015 mm hinausgehen, erreichen die erstern sehr oft 0,04 mm, so daß also das Leitungsvermögen des sekundären Holzes doch bedeutend, ja noch größer als dasjenige des primären, sein kann. Die nach den Gefäßen entstandenen Tracheïden und Libriformfasern können als Spätholz betrachtet werden. Alsdann bilden die Gefäße mit den sie umgebenden Tracheiden und Holzparenchymzellen das Frühholz, und das Holz der *Linnaea borealis* kann somit

zu den ringporigen Hölzern gezählt werden. Bei der Bildung der vier Jahrringstücke läßt sich auch ein Unterschied zwischen Stengeloberseite und -unterseite konstatieren, indem die nach unten gelagerten 2 oder 3 Seiten größere Holzteile mit mehr Gefäßen, die obern 1 oder 2 Seiten kleinere Teile und weniger Gefäße erhalten; dies ist der Beginn der später immer stärker werdenden Exzentrizität des Holzkörpers.

Das Phloem nimmt durch die Tätigkeit des Kambiums noch um 1—2 Reihen zu; später aber bleibt es auf dieser Entwicklungsstufe des Dickenwachstums stehen und erfährt, obschon noch lebend, keine Zunahme mehr.

Im Perizyklus beginnt nun die innerste, unverkorkt gebliebene Zellschicht sich zu teilen. Sie ist zum Phellogen geworden und bildet im zweiten Jahre aber nur eine einzige Lage von noch ziemlich großen, radial gestreckten Korkzellen. Wir haben es hier somit mit dem seltenen Fall zu tun, bei welchem nicht, wie bei den meisten andern Pflanzen mit heterogenem Perizyklus, die dem Sklerenchymring folgende innere Schicht zum Phellogen wird, wie z. B. bei *Lonicera* (174, S. 97) und *Abelia* (vergl. S. 28), sondern die dem Siebteil und damit auch den plastischen Nährstoffen am nächsten liegende, innerste Schicht die Ausbildung des Periderms übernimmt. Die Rindenzellen werden durch den Druck des zunehmenden Zentralzylinders immer mehr zerdrückt, ihre Wände zerreißen. Die Rinde wird aber noch nicht abgeworfen, denn die Epidermis bleibt auch noch während des zweiten Jahres erhalten.

Im dritten Jahre wird die Holzbildung noch mehr auf die Unterseite des Stengels verlegt. An der Oberseite entstehen nur noch wenige Gefäße, während an der Unterseite die Holzbildung um so stärker ist (Taf. II, Fig. 14; Taf. IV, Fig. 22). Der Siebteil, der zwischen dem Holz und dem Kork und Sklerenchymring eingepreßt ist, wird fester durch eine geringe, zum Teil kollenchymatische Verdickung seiner Zellwände (Taf. III, Fig. 18). Der Kork besteht jetzt aus zwei Schichten; die Epidermis, die dem innern Drucke nicht mehr gewachsen ist, wird gesprengt und mit ihr fällt die schon ganz reduzierte primäre Rinde ab. Die äußerste Schicht wird jetzt durch den kaum gefärbten Sklerenchymring des Perizyklus gebildet.

Im vierten Jahre wird an der Oberseite nur noch wenig oder gar kein Holz mehr gebildet, während an der Unterseite dafür ein zusammenhängendes, größeres Jahrringstück entsteht (Taf. IV, Fig. 23). Jetzt wird auch der Sklerenchymring mit den darunterliegenden verkorkten Perizykluszellen gesprengt, und zwar, entsprechend der Dickenzunahme, zuerst an der Unterseite. Diese Schichten, die bisher einen ausreichenden Schutz für den Stengel bildeten, müssen ersetzt werden. Es beginnt eine starke Korkbildung, und zwar entstehen jetzt durch tangentiale Teilungen des Phellogens mehrere Schichten von Peridermzellen, die im Gegensatz zu den im zweiten und dritten Jahre gebildeten mehr platten-

förmige Gestalt besitzen. Während dieser Vegetationsperiode entsteht aber noch kein zusammenhängender Korkring, sondern die Peridermbildung bleibt auf die Unterseite und die Ecken des Stammes beschränkt, so daß die äußerste Schutzhülle noch gemischter Herkunft und Natur ist, indem sie zum Teil aus dem Perizyklus bezw. dem Sklerenchymring, zum größten Teil aber aus Korkgewebe besteht.

Vom fünften Jahre an ist der Stamm von einem zusammenhängenden Korkring umgeben; derselbe ist 8—10 schichtig und auch braun gefärbt. Das Dickenwachstum ist immer noch meist auf die Unterseite beschränkt, doch treten zuweilen auch auf der Oberseite wenige Jahrringstücke auf (Taf. IV, Fig. 24). Durch das ungleiche Wachstum wird das Mark, das in Größe und Beschaffenheit keinerlei Änderung erfährt, immer mehr exzentrisch gelagert. Auf der Oberseite des Stengels ist es nur von 2—3 Jahrringstücken überlagert, während an der Unterseite bis zu einem Dutzend solcher sein können. Durch die große Verschiedenheit des Früh- und Spätholzes, namentlich durch die großen Gefäße, sind die jährlichen Zuwachse ziemlich leicht zu bestimmen. In den äußern Zonen der Unterseite, wo der Umfang des Holzkörpers am meisten zugenommen hat, entstehen zwischen den sich durch das ganze Holz fortsetzenden, schon im primären Holz vorhandenen Markstrahlen, nur wenige neue Strahlen. Trotz des exzentrischen Dickenwachstums behält der Stamm eine mehr oder weniger rundliche Querschnittsform. Der Durchmesser eines alten Stammes ist ungefähr doppelt so groß wie derjenige des einjährigen Stengels (ca. 1 mm); diese Zunahme scheint gering, ist aber erklärlich durch die ungleiche Entwicklung der Rinde, die bei dem letztern eine verhältnismäßig starke Entwicklung zeigt und später nur durch das dünne Periderm ersetzt wird (Taf. IV, Fig. 25).

Die Hyponastie, so bezeichnet man die stärkere Ausbildung des Holzkörpers an der Unterseite, ist eine bei den Bäumen und Sträuchern sehr häufige Erscheinung. Sie tritt namentlich an wagrechten Stämmen und Ästen auf und wurde schon auf die verschiedenste Weise zu erklären versucht (221, S. 257). In dem vorliegenden Falle scheint mir die Hauptursache der starken Entwicklung der Unterseite in den ungleichen Ansprüchen auf die Wasserleitung zu liegen. Wie schon gesagt (Seite 8), werden nur an der Unterseite Knospen entwickelt, und wenn nun dieselben zu neuen Trieben auswachsen, so ist es sehr naheliegend, daß an der untern Seite, welche ihnen am nächsten ist, mehr Gefäße ausgebildet werden als an der Oberseite, wo die Ansprüche auf wasserleitendes Gewebe geringer sind. Diese Vermutung wird noch gestützt durch folgende zwei Erscheinungen:

1. Die ersten Anlagen zur Hyponastie treten erst im zweiten Jahre auf, wenn die Knospen zu Trieben, seien es Lang- oder Kurztriebe, entwickelt werden und der Wasserbedarf in denselben durch die vielen jungen Laubblätter ein sehr großer ist.

2. In den Kurztrieben, wo meist nur eine Seitenknospe entwickelt ist und zu einem neuen Trieb auswächst, findet auch eine ungleiche Entwicklung, oft sogar in noch höherm Grade, statt. Die sekundäre Holzbildung bevorzugt auch hier die Seite, auf welcher die Winterknospe bezw. der neue Trieb sitzt.

Aus diesen zwei Tatsachen geht einmal unzweideutig hervor, daß es weder Schwerkraft, noch Licht noch Feuchtigkeit sein können, welche allein die Hyponastie hervorrufen, und daß hingegen die Wasserleitungsansprüche hier eine wichtige Rolle spielen und eine wohl genügende Erklärung der von Fall zu Fall verschieden zu beurteilenden Erscheinung ermöglichen.

Der anatomische Bau des Holzes (Taf. II, Fig. 14; Taf. III, Fig. 16).

Das ganze Holz von *Linnaea borealis* zeichnet sich durch einen sehr gleichartigen Bau aus, namentlich was die Länge der dasselbe zusammensetzenden Elemente betrifft. Immerhin lassen sich aber doch die vier Hauptelemente, die uns in fast jedem Angiospermenholz begegnen, unterscheiden.

1. Die Gefäße (37, S. 173, 493). Die Gefäße bilden den auffallendsten Teil des Holzes, indem sie sich durch ihre dem Wassertransport angepaßte große Weite auszeichnen. Während im Protoxylem nur Spiral- oder äußerst selten Ringgefäße vorkommen, enthalten das Metaxylem und das sekundäre Holz nur poröse Gefäße.

Diese porösen Gefäße erreichen ihre höchste Entwicklung im sekundären Holz, wo sie, wie schon erwähnt, beträchtliche Weiten erreichen können. Ihre Entstehung aus übereinanderstehenden Zellen läßt sich stets noch erkennen, weil die Zwischenwände immer als schräg gestellte, leiterförmig durchbrochene Reste (mit bisweilen gegabelten Staffeln) erhalten bleiben. Diese daher reichlich auftretenden sog. leiterförmigen Perforationen sind charakteristisch für die Familie der *Caprifoliaceen* (198, S. 149), hingegen kommen die bei einigen Vertretern vorhandenen einfachen Durchbrechungen bei *Linnaea* nie vor. Die Gefäße sind ziemlich kurzgliedrig, indem die einzelnen Perforationen durchschnittlich 0,1 mm voneinander entfernt liegen. Die poröse Verdickung der Gefäßwände kommt durch Bildung zahlreicher Hoftüpfel zustande, deren Torus rund oder auch langgestreckt sein kann. Sehr oft bilden sich durch übereinanderstehende Anordnung von langen, wagrecht gestellten Hoftüpfeln sog. leiterförmige Gefäße. Spiralige Verdickung, die bei Abelia mit einfachen Perforationen vorkommt (138, S. 45), konnte ich nur an ganz jungen Gefäßen beobachten.

2. Tracheïden oder Gefäßzellen (37, S. 172, 495). Neben den Gefäßen bilden die Tracheïden die Hauptmasse des Holzes. Ihre Membran ist eine allseitig geschlossene, die Zellen sind stets langgestreckt und durch schrägstehende Querwände getrennt. Sie sind auch hier, wie bei allen *Caprifoliaceen*, durch eine sehr starke Tüpfelung ausgezeichnet (198, S. 150), die auf

Radial- und Tangential-, ja sogar auf den Querwänden gleich gut ausgebildet auftritt. Ihr Querschnitt ist rundlich oder polygonal und die dickern Tracheïden sind meist tangential abgeplattet; die Tüpfel sind stets rund, haben einen etwas geringern Durchmesser als bei den Gefäßen (0,004 mm) und ihre Öffnung kann auch rund oder dann länglich und zugleich schräggestellt sein. Von den Gefäßen sind sie manchmal nur schwierig zu unterscheiden, da sie in ihrer Größe und Länge oft übereinstimmen, und ein kontinuierlicher Übergang zwischen den beiden Elementen besteht. Durch die starke Tüpfelung der Tracheïden wird fast das ganze Holzgewebe zur Wasserleitung herangezogen. Die im Herbst gebildeten Tracheïden sind dickwandiger und besitzen gewöhnlich weniger Tüpfel. In ganz jungen Elementen ist eine schwache spiralige Wandverdickung vorhanden, die aber später wieder wie bei den Gefäßen verschwindet.

3. Holzfasern oder Libriform (37, S. 496). Solche treffen wir nur im Spätholz und in sehr spärlicher Anzahl. Sie unterscheiden sich von den Tracheïden durch ihre stark zugespitzte Form, schwache Tüpfelung, die auf den Querwänden ganz fehlt, und zudem sind sie dickwandiger und englumig. Ihre Tüpfel haben sehr schmale, schräg gestellte Poren, die mit den ebenfalls langen Öffnungen der angrenzenden Tracheïdentüpfel gekreuzt sind. Der Hof ist manchmal fast nicht mehr sichtbar und in bezug auf die Länge sind die Holzfasern gleich wie die Tracheïden. Bei den übrigen *Caprifoliaceen* scheinen die Libriformfasern nicht so typisch ausgebildet zu sein; wenigstens unterscheidet Michael (138, S. 45) bei den vielen von ihm untersuchten Vertretern (auch bei Abelia) keine Holzfasern, sondern benennt nur eine Gruppe von Zellen, die den Libriformfasern ähnlich sind: faserförmige Tracheïden, weil immer eine spiralige Verdickung konstatiert werden konnte. Tatsächlich ist es manchmal sehr schwierig, das Holzprosenchym in Tracheïden und Holzfasern zu trennen und auch bei *Linnaea* besteht ein kontinuierlicher Übergang zwischen den beiden. Aber mit Hilfe des Schulzeschen Mazerationsgemisches konnte ich sehr gut typische Holzfasern isolieren, so daß deren Vorkommen bei *Linnaea borealis* unzweifelhaft ist.

4. Holzparenchym (37, S. 500). Auffallend ist das sehr spärliche Auftreten von Holzparenchymzellen, das bei *Abelia rupestris* sogar in tangentialen Reihen (138, S. 45), hier aber nur zerstreut, immer in Verbindung mit Markstrahlen und nur im Frühholz, vorkommt. Die länglichen, hohen Zellen, stehen zu 4—7 in einer Längsreihe, die oben und unten mit je einer zugespitzten Zelle endet. Ihre verholzten Wände sind dünner, als die der Tracheïden und durch kleine einfache Poren durchbrochen; die Querwände sind wagrecht und ebenfalls porös. Während des größten Teiles des Jahres, namentlich aber im Herbst und Winter, sind sie mit Stärke gefüllt und unterstützen so das übrige Parenchym in der Funktion der Reservespeicherung.

5. Markstrahlen (37, S. 501). Die sehr zahlreichen Markstrahlen (vergl. S. 20) durchziehen das ganze sekundäre Holz

und sind im Querschnitt meist einreihig. Zwei bis dreireihige Markstrahlen, wie sie bei den andern *Linnaea*-Arten vorkommen, sind äußerst selten (125, S. 51). Die im ältern Holz neugebildeten Markstrahlen sind mit den schon vorhandenen durch Verzweigung der letzteren in direkter Verbindung. Die dünnen Membranen der Markstrahlzellen sind verholzt, besitzen viele kleine Poren und die Querwände sind schief angeordnet, wodurch diese Zellen stets von denjenigen des Holzparenchyms zu unterscheiden sind. Die stärkste Ausdehnung haben sie nicht in radialer Richtung, wie dies bei den meisten Markstrahlen der Fall ist, sondern in der Längsrichtung, so daß der gleichförmige Eindruck, den die Beschaffenheit des Holzes darbietet, noch erhöht wird. Die Markstrahlzellen stehen zu 4—8 Zellen übereinander (bei *Abelia* sind es bis 25), so daß auf radialen Schnitten die Markstrahlen als breite Bänder, bestehend aus in der Faserrichtung des Holzes gestreckten Zellen, erscheinen. Wo parenchymatische Zellen an Tracheïden oder Gefäße stoßen, sind die Wände ungleich getüpfelt. Dem Hoftüpfel des wasserleitenden Elements entspricht meist eine einfache Pore in der Wandung der Parenchymzelle.

Der anatomische Bau der Kurztriebe.

Die Stengel der Assimilationstriebe und der untern vegetativen Teile der Fruktifikationstriebe weichen nur wenig von dem soeben ausführlich besprochenen Bau der Langtriebe ab.

Im einjährigen Stengel sind die einzelnen Gewebe in quantitativer Hinsicht etwas schwächer ausgebildet, dafür aber in qualitativer Richtung etwas besser. Entsprechend ihrer aufrechten Stellung scheinen in diesen Stengeln die Gewebe etwas fester zu sein. In dieser Hinsicht fällt vor allem der Perizyklus auf, dessen Sklerenchymschicht stärker (oft bis doppelt so stark) verdickt ist und der oft in seinem ganzen Umfange auch noch die nächstinneren Zellen umfaßt, also zweischichtig wird. Im Holzring war nie ein Unterschied zu konstatieren, hingegen ist das Mark etwas weniger umfangreich.

Das sekundäre Dickenwachstum ist schwach. Bildet der Trieb keine Seitenknospen aus, so werden im zweiten Jahre an jeder Flanke einige Gefäße mit wenigen Tracheïden ausgebildet, zu welchen auch in den folgenden Jahren nur wenig weitere kommen; in den Ecken aber findet nie eine sekundäre Bildung von Holz statt.

Entwickelt der Kurztrieb hingegen Seitenknospen bezw. Seitensprosse, so tritt auf der Seite derselben ein stärkeres, ja sogar ausschließliches Dickenwachstum statt, auf welches ich schon auf Seite 23 hingewiesen habe. Aber auch diese Zunahme erreicht nie eine Stärke wie in den ältern Langtrieben.

B. Die Wurzel.

Die aus der Keimwurzel entstandene Hauptwurzel, sowie die vom kriechenden Langtriebe ausgehenden Adventivwurzeln zeigen den gleichen anatomischen Bau.

Die junge Wurzel (Taf. III, Fig. 19) ist von einer ziemlich dickwandigen, kutinisierten Epidermis umschlossen, von deren Zellen einzelne dünnwandige Wurzelhaare ausgehen. Die darauffolgende Rinde ist im Verhältnis zum Zentralzylinder sehr stark ausgebildet. Sie enthält 7—8 Schichten von stärkehaltigen Zellen und ist nach außen durch die großzellige, etwas verdickte Exodermis, nach innen durch die ebenfalls verdickte und dazu noch verkorkte Endodermis abgegrenzt. Wandverdickungen, die ein sogenanntes Stütznetz bilden, und die nach Van Tieghem bei den meisten *Caprifoliaceen* in der zweitinnersten Schicht der Rinde auftreten, fehlen bei *Linnaea* vollständig (223, S. 253). Nur an zwei Stellen sind die Endodermiszellen weder verkorkt noch verdickt; diese Zellen, die sog. Durchlaßzellen vermitteln die einzige Verbindung zwischen der Rinde mit Epidermis und Wurzelhaaren einerseits, und dem Zentralzylinder andererseits.

Der Zentralzylinder (Taf. V, Fig. 28) ist hier bedeutend einfacher gebaut als im Stengel. Die äußerste Schicht desselben bildet das einschichtige Perikambium, das gerade bei *Linnaea* eine große Übereinstimmung mit dem Perizyklus des Stengels aufweist, namentlich mit der innern Schicht desselben. Im innern Teil des Zentralzylinders tritt sehr früh das Gefäßbündel auf und zwar ist es, wie bei allen Wurzeln, ein radiäres, in unserm speziellen Falle ein diarches oder seltener triarches. Das Protoxylem beginnt sich an zwei entgegengesetzten Stellen zu bilden, immer den Durchlaßzellen entsprechend und wächst in Form von zwei immer breiter werdenden Strahlen gegen die Mitte des Stengels, dieselbe schließlich ganz ausfüllend, so daß zuletzt kein Mark mehr vorhanden ist. Zu gleicher Zeit beginnt sich dazwischen, ebenfalls an zwei gegenüberstehenden, dem Perikambium anliegenden Stellen, das primäre Phloem zu differenzieren, ein Bündel von etwas verdickten, länglichen Zellen. Wenn die beiden Xylemstrahlen in der Mitte zusammengestoßen sind, teilt sich das zwischen dem Xylem, Phloem und Perikambium übrig bleibende Grundgewebe, es wird zum Kambium. Dieses Kambium besitzt ursprünglich eine kreuzförmige Gestalt, bildet dann aber, namentlich an den beiden Seiten des Xylems, also innerhalb der zwei Phloembündel, Metaxylem, so daß es gegen Ende der ersten Vegetationsperiode eine elliptisch bis runde Gestalt annimmt und durch seine Tätigkeit die Phloembündel nach außen drängt (Taf. V, Fig. 29). Das gebildete Metaxylem enthält nur wenige Gefäße, dafür aber viele Tracheïden, einzelne Libriformfasern und die erst hier beginnenden Markstrahlen. Außerhalb des Kambiums ist zwischen ihm und dem Perikambium ein einschichtiger Phloemring entstanden, der sich aber noch vom Protophloem durch dünnere Wände unterscheidet.

Das Dickenwachstum der Wurzel zeigt mehr Regelmäßigkeit als dasjenige des Stengels, wie das auch nicht anders zu erwarten ist. Es entstehen vollständige Jahrringe mit großen Gefäßen und Markstrahlen; erst vom dritten oder vierten Jahre an beginnt ein exzentrisches, bezw. unregelmäßiges Wachstum, da dann keine Jahrringe mehr, sondern nur noch Stücke von solchen entstehen.

Im zweiten Jahre wird die Epidermis der Wurzel zerstört; an ihre Stelle tritt jetzt die Exodermis, deren Wände noch im ersten Jahre verkorkt wurden. Die Rindenzellen sind schon etwas abgeplattet und im Zentralzylinder wird ein zwei- bis dreischichtiges, dickwandiges Phloem beobachtet. Während des dritten Jahres finden keine starken Veränderungen statt; es wird ein neuer Jahrring gebildet und die Rinde wird immer mehr zusammengedrückt. Das vierte Jahr bringt die Korkbildung und Sprengung der Rinde mit der Endodermis (Taf. III, Fig. 20, Taf. IV, Fig. 30). Der Kork entsteht durch Teilung der Perikambiums, das so zum Phellogen wird. Es bilden sich 3—4 Korkschichten, welche unter die manchmal noch längere Zeit bleibende Endodermis zu liegen kommen. Im fünften Jahre wird ein acht bis zehnschichtiges Korkgewebe wie beim Stengel entwickelt, das nun die äußerste Hülle der Wurzel bildet. Der Holzkörper wird von jetzt an nur noch durch unregelmäßig gebildete Jahrringscheiben vergrößert, und kann auch exzentrisch werden (Taf. III, Fig. 31). Im übrigen zeigt das Holz den gleichen Bau wie dasjenige des Stengels.

Entstehung der Seitenwurzeln.

Dieselben entstehen stets seitlich der Protoxylemstrahlen und sind daher, wie es Wittrock schon beschrieben hat, in vier Längsreihen angeordnet. Ihren Ursprung nehmen sie in dem Perikambium, wo an den betreffenden Stellen durch lebhafte Teilungen der Zellen die Wurzeln ausgebildet werden (Taf. IV, Fig. 27).

Entstehung der Adventivwurzeln.

Diese bei *Linnaea* eine wichtige Rolle spielenden Organe treten an verschiedenen Stellen der vegetativen Triebe auf (Taf. IV, Fig. 26). Auch sie sind immer seitlich der Protoxylembündel angeordnet und entstehen aus der innersten Schicht des Perizyklus (224, S. 263).

Durch die Bildung von Seiten- bezw. Adventivwurzeln einerseits und durch die Entstehung des Periderms anderseits liegt eine Analogie von Perikambium und der innersten Perizyklusschicht sehr nahe. Es ist daher, da eine solche Übereinstimmung auch bei andern Pflanzen konstatiert wurde, das Perikambium als der Perizyklus der Wurzel bezeichnet worden. Obwohl diese Identifizierung nicht allgemein durchgeführt werden kann (51, S. 19), so haben wir es bei *Linnaea* jedenfalls mit analogen Schichten zu tun, die schon durch ihre Lage an der Peripherie des Zentralzylinders übereinstimmen.

C. Das Blatt.

Das Blatt von *Linnaea borealis* (Morphologie s. S. 7) ist seinem anatomischen Baue nach ein typisches Schattenblatt, mit stets nur einer einziger Schicht von kurzen Palissadenzellen, aber einem stark entwickelten, mit großen Interzellularen versehenen Schwammparenchym (Taf. V, Fig. 33).

Die obere Epidermis besteht aus großen Zellen, die untere hingegen ist kleinzelliger und besitzt Spaltöffnungen von normalem Bau. Im übrigen sind alle Epidermiszellen von einer ziemlich derben Kutikula überzogen und durch stark gebuchtete Seitenwände ausgezeichnet, deren konkave Seiten eigentümliche Verdickungen aufweisen. Auf dem Längsschnitt stellen diese Verdickungen Leisten dar, die von der innern zur äußern Wand der Zelle gehen, oft verschmelzen, und es ist wohl eine mechanischeFunktion zuzuschreiben. Die von Solereder (199, S. 496) erwähnten Randtüpfel der Epidermiszellen konnte ich bei keinem Blatte finden. Auf der Blattoberseite, sowie am Blattrande sitzen vereinzelte lange Borstenhaare mit rauher Oberfläche, an der Unterseite finden sich einige Köpfchendrüsen und entlang dem Hauptnerv wenige kurze Borsten (Taf. VII, Fig. 51; Taf. XI, Fig. 107).

Das Mesophyll weist, wie oben bereits erwähnt, nur eine einzige Palissadenschicht auf. Den Übergang zu dem Armparenchym des Schwammgewebes, das außerordentlich reich an Interzellularen ist (199, S. 496), vermitteln rundliche Sammelzellen.

Der Hauptnerv entspricht den Protoxylem und Protophloembündeln des Stengels; diese werden nach dem Austritt in den Blattstiel sofort durch Abzweigungen der opponierten Bündel ergänzt, so daß der primäre Gefäßbündelverlauf des Stengels ein sehr einfacher ist. Der Nerv gibt auch das gleiche Bild wie die primären Bündel (Taf. V, Fig. 32). Er besteht aus 4—5 Radialreihen oder Gruppen von Spiralgefäßen, die an der Oberseite liegen und zwischen sich parenchymatische, längliche Zellen (Markstrahlen) verlaufen lassen. An der Unterseite schließen sich feinzellige Phloembündel an, die vom Xylem nur durch die Überreste eines Kambiumstreifens getrennt sind. Das ganze Bündel ist von einer zwei- bis vierschichtigen, dünnwandigen Parenchymscheide umgeben. In der Umgebung des Gefäßbündels ist das Blattparenchym, namentlich an der Unterseite, zur Verstärkung dickwandig geworden.

Im Blattstiel zeigen Gefäßbündel und Parenchymscheide gleichen Bau; die Zellen der Epidermis und der anstoßenden Parenchymschicht sind sehr stark verdickt und abgerundet.

---

3. Kapitel.

Die reproduktiven Organe.

1. Der Blütenstand.

Die reproduktiven Organe unterscheiden sich von dem vegetativen Teil durch ihre Einjährigkeit; denn während der letztere den persistierenden untern Teil des Strauches darstellt, sterben die obern, floralen Teile jedes Jahr ab.

Der Blütenstand (Taf. I, Fig. 1), der normalerweise stets die fertilen Kurztriebe abschließt, besteht aus einer langen Hauptachse, dem Hauptblütenstiel, der das oberste und zugleich

längste Internodium (5—8 cm) erster Ordnung des Fruktifikationstriebes ist. Dieser Teil ist dicht mit langgestielten Köpfchendrüsen bedeckt, die aus einem zwei- bis dreizelligen Stiel und dem vielzelligen Köpfchen bestehen und ein klebriges Sekret absondern.

An der Spitze stehen zwei gegenständige, mit dem vorhergehenden Laubblattpaar alternierende, lanzettliche Hochblätter, die Deckblätter der nun folgenden zwei kürzeren und gabelig gestellten, blütentragenden Seitenachsen. Die Hauptachse wird nicht fortgesetzt, so daß hier eine vollständige Gabelung vorhanden ist. Auch diese Seitenachsen sind mit Drüsenhaaren und kürzern, gebogenen Borstenhaaren besetzt. In ihrer Anatomie unterscheiden sich die Blütenstiele nur wenig von dem untern vegetativen Stengelteil. Die Rinde ist schwach ausgebildet, dafür aber der Sklerenchymring dickwandiger und häufig zweischichtig, entsprechend der Funktion als tragendes Organ. Während der Hauptstiel meist 8 Protoxylembündel aufweist, zeigen die Seitenstiele nur noch 6 solche und bei beiden reicht die Metaxylembildung nicht immer zur Bildung eines geschlossenen Holzringes aus, so daß die Sklerenchymschicht oft das stärkste mechanische Gewebe darstellt. Das Phloem ist verhältnismäßig stark entwickelt, während das Kambium nur selten kontinuierlich ist. Die beiden Seitenachsen sind vollkommen gleich ausgebildet; an ihnen sitzen, alternierend mit den Deckblättern, auch je zwei kleine Vorblätter von gleicher Gestalt wie die erstern. Deck- und Vorblätter sind an der Außenseite mit Borsten und Drüsenhaaren bedeckt, während an der Innenseite ziemlich viele Köpfchendrüsen mit kurzem Stiele sitzen (vergl. auch 209, S. 9, 10). Auf die Vorblätter folgt noch ein kurzes, gebogenes Internodium, an welchem die so hängende Blüte befestigt ist. Zuoberst am Blütenstiel sitzen zwei Paar Hochblätter, die sog. Brakteen. Da aber dieselben in engem Zusammenhang mit der Blüte stehen — sie sind zum Teil mit dem Fruchtknoten verwachsen —, sollen sie erst im Zusammenhang mit derselben eingehend besprochen werden (Taf. VII, Fig. 61).

Der Blütenstand wurde früher als eine zweiblütige Dolde betrachtet; schon Linné nennt ihn eine „umbella bifida" (124, S. 220), welcher Ansicht sich auch Wydler (238, S. 5) und wenigstens zum Teil auch Eichler (44, S. 265) angeschlossen haben. Gegenüber dieser ältern Auffassung stellen Ascherson (3, S. 270) und Wittrock (234, 1879, S. 19) die Infloreszenz zu den zymösen Blütenständen und zwar zu den Trugdolden. Diese Ansicht scheint mir auch die richtige zu sein, denn die Hauptachse setzt sich normalerweise nach der Verzweigung nicht fort, sie ist also begrenzt. Da nur zwei Seitenachsen vorhanden sind, haben wir es mit einem Dichasium (44, S. 36), einer Gabel zu tun. Eine ganz ähnliche Blütenstellung findet sich übrigens auch bei *Lonicera* (44, S. 265).

Bildungsabweichungen.

Sehr groß ist auch die Zahl der abnormalen Blütenstände, welche in den verschiedensten Gegenden schon beobachtet wurden,

so in Norddeutschland (127, S. 140; 133, S. 81), Nordamerika (63, S. 112) und in allerreichster Menge in Schweden. Wittrock hat in seinen beiden Arbeiten über *Linnaea borealis* L. alle die zahlreichen Fälle der Abweichungen ausführlich beschrieben. In den Alpen sind die abnormalen Infloreszenzen nicht so häufig und daher auch nicht so mannigfaltig; aber dennoch scheint es mir zweckmäßig, eine kurze Zusammenstellung der bis jetzt überhaupt beobachteten Fälle zu geben. Die Abweichungen, die übrigens in keinem Zusammenhang mit äußern Verhältnissen zu sein scheinen, treten vorzugsweise an proleptisch entwickelten Trieben auf und sind durch zwei Tendenzen bedingt. Die eine ist die Neigung zur regressiven Metamorphose der floralen Seitenachsen in rein vegetative Triebe und somit zur Reduktion der Blütenzahl. Die zweite hingegen wirkt in entgegengesetztem Sinne, indem eine Vermehrung der normalen Blütenzahl eintritt. Da beide Tendenzen oft miteinander wirken, können die verschiedensten Kombinationen entstehen.

I. **Regressive Metamorphose der floralen Seitenachsen** in vegetative Triebe. Bei dieser Umbildung, die stets mit Verkürzung der Internodien verbunden ist, sind folgende Stufen zu unterscheiden:

 1. Blüten noch normal ausgebildet.
   a) Laubblattähnliche Ausbildung der Deck- und Vorblätter (234, 1879, S. 138; 236, S. 46), aber stets ganzrandig.
   b) Vermehrung der Hochblattpaare durch Ausbildung von meist auch laubblattähnlichen 2—4 Vorblattpaaren (234, 1879, S. 139; 236, S. 46).
 2. Unterdrückung der Blütenbildung. Da dieselbe meist nur 1 Seitenachse betrifft, kommen so einblütige Infloreszenzen zustande.
   a) Seitenachse schließt mit einem vier- bis sechsblättrigen Quirl von kreuzständigen Laubblättern ab (234, 1879, S. 141).
   b) Seitenachse wird kurztriebähnlich durch Ausbildung von 2—4 kreuzständigen, durch Internodien getrennten Laubblattquirlen (234, 1879, S. 143).
   c) Seitenachse nur noch als Knospe oder gar nicht mehr ausgebildet (234, 1879, S. 139; 136, S. 43).

II. **Vermehrung der Blütenzahl.**

 1. Dreizählige Trugdolde. An Fruktifikationstrieben 3 Deckblätter mit je einer blütentragenden Seitenachse. Trichasium (234, 1879, S. 143; 184, S. 140). Diese Ausbildung kann von zwei- oder dreizähligen Laubblattquirlen am untern vegetativen Teil begleitet sein.
 2. Fortsetzung und Verzweigung der Hauptachse, sehr oft verbunden mit Zusammenwachsung oder Spaltung der Achsen und Verschiebung der Vorblätter.

A. Hauptachse bildet nur 1 kleines Internodium mit 2 Vorblättern, aber ohne weitere oder nur mit verkümmerten Seitenachsen (234, 1879, S. 144).

B. Hauptachse bildet ein neues Internodium mit Hochblättern und Seitenachsen.
   a) Oberstes Internodium mit nur 1 Blüte, wodurch eine dreiblütige Inflorenszenz entsteht (234, 1879, S. 145, 150; 184, S. 140).
   b) Oberstes Internodium mit 2 Blüten.
      α) Von den untern Seitenachsen nur eine ausgebildet: eine dreiblütige Infloreszenz, die durch Umbildung einer floralen Seitenachse (oben oder unten) auch zweiblütig werden kann (234, 1879, S. 145 und 147; 236, S. 47).
      β) Beide untern Seitenachsen entwickelt: eine vierblütige Infloreszenz, die ebenfalls durch vegetative Ausbildung einer obern oder untern Seitenachse dreiblütig werden kann (238, S. 4; 234, 1879, S. 147; 236, S. 47; 159, S. 81).
   c) Unteres Internodium mit 3 Seitenachsen, oberes mit 1 Seitenachse: vierblütige Infloreszenz (184, S. 140).

C. Hauptachse bildet 2 neue Internodien mit Seitenachsen.
   a) Die zwei untern Internodien besitzen nur je 1 Seitenachse, so daß ein vierblütiger Blütenstand entsteht (236, S. 50).
   b) Unterstes Internodium entwickelt 1 Seitenachse, die 2 obern je 2: fünfblütige Infloreszenz (70, S. 51).
   c) Oberstes und unterstes Internodium mit 2, das mittlere mit 1 Seitenachse: fünfblütig (184, S. 140).
   d) Alle 3 Internodien mit 2 Seitenachsen: sechsblütig (70, S. 51).

2. Die Blüte.

A. Entwicklung der Blüte.

In den stark entwickelten Winterknospen, aus denen sich in der folgenden Vegetationsperiode die Fruktifikationstriebe bilden, sind Infloreszenz und die Blütenbestandteile schon (mit Ausnahme der Samenanlagen) angelegt. Im Frühjahr findet zuerst eine Streckung der Hauptachse des ganzen Fruktifikationstriebes bis zu den Deckblättern der Blüten statt. Der untere vegetative Teil wird zuerst bis zur Ausbildung des Holzringes ausgebildet, während die Blüten noch einige Zeit als Knospen in den Deckblättern eingeschlossen sind. Die Kelchblätter sind ganz zusammengeschlagen und bilden so den Schutz für die zarten, schon in innerer Ausbildung begriffenen Staubblätter. Die in der Knospe noch kahlen

Stengel- und Blattanlagen erhalten an ihrer Oberfläche Drüsen- und einzelne Deckhaare. Erst wenn die Bildung des Holzzylinders schon etwas fortgeschritten ist und somit der untere vegetative Teil des Triebes genügend Festigkeit und Leitungsvermögen besitzt, setzt die Weiterentwicklung der akropetal entstandenen Anlagen der Blütenblätter ein, wobei in der Regel die eine der beiden Seitenachsen der anderen etwas voraneilt. Mit der Streckung der Hauptachse des Blütenstandes werden zuallererst die Deck- und Vorblätter ganz ausgebildet. Haupt- und Seitenachsen erhalten eine dichte Bedeckung von langgestielten Drüsenhaaren (Taf. XI, Fig. 108). Die Blütenknospe ist noch nicht länger als die Deckblätter, die zwei Paar obersten Brakteen sind noch gleich groß und bedecken beinahe den jungen Fruchtknoten (Taf. VI, Fig. 34 u. 35). Durch das nun folgende Wachstum der Blütenknospen werden die Deckblätter etwas auseinander getrieben und die Vorblätter erleiden durch die beschränkten Raumverhältnisse zwischen den Deckblättern einerseits und die nun stärkere Ausbildung des obersten, innern Brakteenpaares am sich vergrößernden Fruchtknoten andererseits eine Verschiebung gegeneinander und an die innere Seite (Taf. VI, Fig. 36; Taf. VII, Fig. 46). Die Kelchblätter rücken durch die in intensivem Wachstum befindlichen Staubblätter und Krone auseinander. Wenn die Knospe die doppelte Länge der Deckblätter erreicht hat, tritt sie seitlich zwischen den letztern heraus und das obere Brakteenpaar ist bedeutend stärker entwickelt als das untere. Das letztere ist auf einer jungen Entwicklungsstufe stehen geblieben, während das erstere länger und dicker geworden ist. Zugleich treten jetzt an der untern, bezw. äußern Seite desselben zahlreiche, langgestielte Kopfdrüsen auf; der Rand wird umgebogen und das ganze Blatt erhält eine muschelförmige Gestalt (Taf. VI, Fig. 37, Taf. VII, Fig. 46).

Während der nun stark einsetzenden Streckung der Seitenachsen werden die Staubbeutel fertig ausgebildet; die geschlossenen Kronblätter in ihrer kochlear absteigenden Knospenlage füllen jetzt den ganzen Kelch aus und die Blütenknospen, die bis jetzt mehr oder weniger aufrecht zwischen den Deckblättern standen, bekommen eine wagrechte Stellung (Taf. VI, Fig. 38). Wenn die Seitenachse ihre endgültige Länge erreicht hat, beginnen sich nun auch die Filamente der Staubgefäße zu strecken; die Krone verlängert sich, erreicht die zwei bis dreifache Kelchlänge und die ganze Knospe hängt nun an den langen Seitenachsen, die Blüte befindet sich unmittelbar vor der Anthese (Taf. VI, Fig. 39).

Beim Beginn der Blüte öffnen sich die Zipfel der Krone in der Reihenfolge ihrer Knospendeckung, d. h. von oben nach unten. Die Staubfaden, die an ihrem obern Ende noch gebogen waren, strecken sich nun ganz, ebenso der vorher oben eingebogene Griffel mit der dreilappigen, kugeligen Narbe (Taf. VI, Fig. 40).

Die Entwicklung der Infloreszenz und Blüten beansprucht 8—10 Tage. Die Vor- und Deckblätter sind jetzt nur noch von Borsten bedeckt, von denen die randständigen bedeutend größer sind als die übrigen. An der Basis des kugelig-eiförmigen,

etwas zugespitzten Fruchtknotens, den auch nur noch kurze Haare bedecken, sitzt, zum Teil mit ihm verwachsen, das obere große Brakteenpaar. Während das untere nur noch als kaum sichtbare behaarte Schuppen erhalten ist, hat das obere, fleischige und muschelförmige an ihrer konkaven Außenseite große Drüsenhaare ausgebildet. Diese bestehen aus einem starken, zwei bis dreizelligen Stiel und dem vielzelligen Kopfe und scheiden ein klebriges Sekret aus (Taf. VII, Fig. 52). An der Innenseite sind kleine Deckhaare vorhanden, während der umgebogene Rand mit starken, dickwandigen Borsten versehen ist (Taf. VII, Fig. 52). Auf dem Fruchtknoten sitzt die schwach median-zygomorph ausgebildete Blütenhülle, die in Kelch und Krone differenziert ist. Die 5 Kelchblätter sind nur am Grunde verwachsen; 3 davon schauen nach oben, 2 nach unten. Die 5 Kronblätter, die eine ziemlich lange Röhre mit 5 Zipfeln bilden, sind auch als Ober- und Unterlippe angeordnet; die erstere ist zwei-, die letztere dreizipflig. An der Innenseite der Kronenbasis sind die 4 Staubgefäße inseriert; das fünfte, hintere ist unterdrückt, die 2 obern sind um weniges länger als die 2 untern. Zwischen den Staubgefäßen verläuft der den dreifächrigen Fruchtknoten fortsetzende fadenförmige lange Griffel, der am Ende mit der dreilappigen Narbe abschließt (Taf. VI, Fig. 40—45).

Abnormale Blüten.

Wie bei der Infloreszenz, so kommen auch bei den Blüten sehr oft Bildungsabweichungen vor. Wittrock hat auch diese in seiner letzten Arbeit ausführlich beschrieben, so daß nur der Vollständigkeit halber hier eine kurze Übersicht folgen möge.

Die Abweichungen in den Blüten können zustande kommen:

1. Durch Spaltung (Dédoublement). Sie wurde beobachtet an Vor-, Kelch-, Kron- und Staubblättern; am häufigsten treten die hierdurch entstandenen sechszipfligen Kelche und Kronen auf (132, S. 71; 137, S. 74; 184, S. 140).
2. Durch Neubildung (Vermehrung). Kelch-, Kron- und Staubblätter können in größerer Zahl vorkommen; namentlich kommt so sehr oft das fünfte hintere Staubgefäß als größeres wieder zur Ausbildung; die Krone kann bis zehnzipflig werden (132, S. 71; 236, S. 55).
3. Durch progressive oder regressive Metamorphose. Progressiv können sich verändern Kelch- und Kronblätter, regressiv die Staub- und Kronblätter; die Umbildung betrifft meist nur ein Blatt (137, S. 74; 132, S. 71).
4. Unterdrückung einzelner Teile. Krone und Kelch können ganz oder teilweise nicht ausgebildet werden (236, S. 55).

Außerdem kommen Verwachsungen und Verschiebungen der Teile der Blätter eines Blütenkreises unter sich und mit andern vor.

B. Die Blütenhülle.

Dieselbe zeigt, wie schon erwähnt, eine schwache Medianzygomorphie und ist in zwei Kreise gegliedert, von denen jeder 5 Blätter zählt.

Der Kelch dient an der ausgebildeten Blüte wohl kaum mehr als Schutz, da er sehr stark ausgebreitet ist. Seine 5 Blätter sind nur schwach an der Basis verwachsen. Ihre Zipfel besitzen eine pfriemenförmige oder schmal lanzettliche Form und sind oft stark zugespitzt. Ihre äußere Seite, namentlich der Rand, ist mit Borstenhaaren besetzt, während an der innern Seite, gegen die Basis hin, kurzgestielte Kopfdrüsen vorhanden sind. Die Farbe der Kelchblätter ist grün; sie können aber auch, mitunter sogar viele, braune Flecken zeigen. Ihre mittlere Länge beträgt 2,5 mm, doch kann sie auch bis auf 4 mm steigen. Bei der Fruchtreife fällt der Kelch immer ab. Nach Graebner (66, S. 121) soll er aber gelegentlich stehen bleiben und sich sogar noch vergrößern, ein Verhalten, welches auch Wittrock nie beobachten konnte.

Die Krone sitzt zuoberst am Fruchtknoten und besteht auch aus 5 Blättern. Sie zerfällt in eine ziemlich lange Kronröhre und in die 5 rundlich-ovalen, meist gleich großen Zipfel, von denen 2 zur Ober-, 3 zur Unterlippe gehören. Die äußere Beschaffenheit der Krone, die bei der Formeneinteilung und -unterscheidung eine wichtige Rolle spielt, ist von Wittrock eingehend untersucht worden (236, S. 23—32). Die Form der geöffneten Krone kann stark variieren; sie ist immer eine kegelförmige und zwar entweder lang und schmal oder kurz und weit; es kommen aber auch trichterförmige und glockige vor, wenn die Kronröhre länger und schmaler (*f. americana*), bezw. die ganze Krone stark geöffnet ist. Die Größe ist ebenfalls wechselnd, doch bewegt sie sich immer innerhalb enger Grenzen; die durchschnittliche Länge ist in Skandinavien (9 mm) etwas größer als in den Alpen (8 mm), die längsten sind in Amerika zu finden (*f. longiflora*), wo sie bis 15 mm erreichen kann.

Die Farbe der Krone zeigt die allergrößten Variationen. Am geringsten sind die Unterschiede an der Außenseite, welche meist schwach rosarot, aber auch rein weiß oder ganz purpurrot ist. Stärkere Variationen weist schon die Innenseite der zweizipfligen Oberlippe auf; die Zipfel sind stets weiß, während die Röhre weiß oder schwachrot ist, mit hie und da dunklern Streifen und seltener gelben Flecken. An der am stärksten wechselnden Unterlippe fällt vor allem das Saftmal oder Honigzeichen auf. Es besteht aus 3—5 gelben Streifen, die direkt über dem untersten, engsten Teil der Röhre beginnen, eine verschiedene Längen- und Breitenausdehnung haben und unverzweigt, verzweigt, netzförmig oder auch zusammenfließend sind. Auch die Farbe der Streifen, die mitunter auf einen kleinen Flecken oder einen einzigen Strich reduziert sind, kann vom blassesten Gelb über das Orangegelb bis zum Braungelb gehen. Die Zwischenräume zwischen diesen Streifen sind je nach der wechselnden Farbe der Kronröhre weiß bis starkrot. Außerdem finden sich neben und manchmal auch vor

den Streifen rote Flecken von verschiedenster Ausdehnung. Bei weißen Blüten nur auf einige seitliche Punkte beschränkt, sind sie bei den stark roten als Streifen vor und neben den gelben ausgebildet. Dieses Saftmal, das somit bei den rotblütigen Formen am stärksten ausgebildet ist, hat eine wichtige biologische Rolle. Es dient den besuchenden Insekten als Wegleitung zu dem am Grunde der Krone sich befindenden Honig. Die Saftdrüse (Nektarium) befindet sich zwischen den zwei kleinen Staubgefäßen, die an der Kronröhre inseriert sind. Sie erscheint dort als ein kleiner, elliptisch zugespitzter Fleck, der direkt über dem Gefäßbündel des untersten Kronblattes liegt. Außerdem ist die Krone innen mit langen Haaren ausgekleidet, die jedenfalls den Eingang zur Honigdrüse den kleinern Insekten verwehren.

Der anatomische Bau der Kronblätter ist sehr einfach. Im Innern ist ein Parenchym von 2—4 Lagen vielarmiger Zellen vorhanden, und in den dadurch entstehenden vielen und großen Interzellularen ist die den Blüten die weiße Farbe gebende Luft eingeschlossen. Die Epidermis ist je nach ihrer Lage verschieden gebaut. In allen Teilen ist sie papillös und mit Spaltöffnungen versehen. An der untern Krone sind ihre Zellen langgestreckt und nur schwach gewellt. Im obern Teil hingegen sind sie polygonal und mit welligen Wänden versehen. Die stärkste Ausbildung haben die Wellenwände an der äußeren Epidermis der Kronzipfel, wo die eckig eingebogenen Teile der Zellwände zur Verstärkung Verdickungen und sogar kurze Lamellen tragen (Taf. XI, Fig. 104). Die Haare an der Innenseite sind ebenso dünnwandig wie die Epidermiszellen und besitzen ein abgerundetes Ende. Die Epidermiszellen sind auch der Sitz der Färbungen. Die rote Farbe beruht, wie dies meist der Fall ist, auf einer mehr oder weniger starken Färbung des Zellsafts, während die gelbe Färbung durch kleine gelbe Körner, sog. Chromatophoren zustande kommt und meist den aus Tracheïden bestehenden Blattnerven entlang geht. Nie aber finden sich beide Farben in einer Zelle vereinigt.

Die Saftdrüse (Taf. VI, Fig. 105) befindet sich an einer bestimmten, etwas verdickten Stelle der Krone. Ihre Differenzierung beginnt schon in der Knospe. Die Epidermiszellen, sowie die darunterliegenden Parenchymzellen, welche die Verbindung mit dem Gefäßbündel herstellen, werden plasmareicher und die erstern wölben sich papillenartig vor. An der geöffneten Blüte besteht die Drüse aus dem parenchymatischen, aber inhaltsreichen Nektariumgewebe und dem Sekretionsgewebe. Das letztere wird durch die Epidermis gebildet, die sich in 3 verschiedene Formen differenziert: Ein kleiner Teil der Zellen wächst zu keulenförmigen, großen, vielzelligen Drüsenköpfchen aus, die auf einem zwei- bis dreizelligen Hals sitzen. Ein anderer Teil bildet große, ebenfalls keulige, aber nur einzellige Blasen mit großen Vakuolen, während die meisten kürzere Papillen ausbilden. Alle 3 Elemente sondern zuckerhaltigen Saft aus, der zuerst unter die Kutikula und von dort durch Platzen derselben nach außen gelangt. Die Blasen sind zu Beginn der Anthese am reichlichsten vertreten, sie vermitteln eine plötzliche

und ausgiebige Saftsekretion und sterben nachher ab. Die Kopfdrüsen hingegen, welche schon durch ihren großen Plasmagehalt ausgezeichnet sind, sezernieren schwach und langsam; durch sie wird der Honig ergänzt, so daß während der ganzen Anthese das Nektarium von einem kleinen zusammenhängenden Tropfen bedeckt wird. Die papillösen Zellen der übrigen Epidermis geben zum Teil auch ziemlich viel Saft in diesem Zustande, zum Teil wachsen sie zu neuen Blasen aus. Der ausgeschiedene Saft ist sehr zuckerreich und gibt mit Fehlingscher Lösung einen starken roten Niederschlag von Kupferoxydul.

C. Die Staubgefäſse.

Wie schon erwähnt, ist das Androeceum vierzählig und didynam ausgebildet. Die länglichen Staubbeutel stehen dorsifix an dem langen Staubfaden und das Konnektiv setzt sich oben über die beiden Antherenhälften zapfenförmig etwas fort. Durch die sehr leichte Verbindung der Beutel mit dem Faden wird die Stellung der erstern während der Anthese meist eine schräge oder fast senkrechte zu dem letztern, so daß die durch zwei Längsspalten geöffneten Antheren nach unten, d. h. gegen den Blüteneingang gerichtet sind (Taf. VI, Fig. 43). Die introrsen Antheren der längern Staubgefäße öffnen sich sofort beim Öffnen der Krone, während die kürzern erst nach 1—2 Tagen folgen. An der Basis der letztern sind kleine abstehende Haare ausgebildet, welche mit gleichartigen Gebilden der Griffelbasis eine schwach entwickelte Saftdecke darstellen.

Entwicklung der Antheren und Pollenkörner.

Die vier Staubblätter sind schon in der Winterknospe am obern Rande der Blütenachse als kleine, ovale, aber noch ganz undifferenzierte Gewebehöcker vorhanden. Im Frühjahr beginnen sie ihre Weiterentwicklung sofort und gehen darin den Fruchtblättern weit voraus. Der ganze Höcker vergrößert sich, wird keulenförmig und läßt so deutlich jetzt schon die zwei Teile, den kurzen Stiel (Faden) und einen breitern und längern Antherenteil unterscheiden (Taf. VII, Fig. 57). Zugleich findet die Differenzierung des Gewebes in die Epidermis und das Meristem statt. Die nun folgende Weiterentwicklung und Ausbildung erfolgt nach der für die meisten Dikotylen typischen Weise (34, S. 33).

Durch Teilungen im Meristem wird die Epidermis an vier gegen innen gerichteten Stellen schwach vorgewölbt, wodurch die vier Pollensäcke schon äußerlich angedeutet werden. In jedem der schwachen Lappen werden nun je 1—2 Längsreihen von Zellen größer und plasmareicher. Es entstehen die auch durch einen großen Kern ausgezeichneten Urmutterzellen oder Archesporzellen der Pollenkörner. Die nun hierauf folgenden Zellteilungen, welche zur Bildung der Antherenwand führen, verlaufen außerordentlich rasch nacheinander.

Vorerst werden die etwas radialgestreckten Archesporzellen durch perikline Wände geteilt, es entsteht eine äußere Lage, die primäre parietale Schicht, und eine innere, die primäre sporogene Schicht, die in unserm Falle die Sporenmutterzellen enthält (14, S. 33). Die Zellen der primären parietalen Schicht hingegen teilen sich wieder periklin, die inneren Tochterzellen bilden die Tapetenschicht, die ebenfalls plasmareich wird. Die äußere Tochterzelle erleidet noch einmal eine perikline Teilung, so daß nach außen nun die definitive subepidermale Schicht entsteht, die später zur fibrösen Schicht wird. Nach innen wird eine Zwischen- oder Mittelschicht abgegrenzt, deren tafelförmige Zellen sehr bald durch die anliegenden Zellen resorbiert werden (Taf. VIII, Fig. 62).

Während dieser Ausbildung der Antherenwand zeigen die vier- bis sechseckigen Pollenmutterzellen ein intensives Wachstum. Sie unterscheiden sich von den angrenzenden Tapetenzellen durch ihr dichtes, feinwabiges Plasma und den großen ovalen Kern, dessen einziges, auch größeres Kernkörperchen schwach exzentrisch liegt. Die chromatische Substanz ist in Form dunkel gefärbter Körnchen an der Kernwandung gelagert.

Die Zellen der Tapetenschicht, als Nährschicht der Pollenmutterzellen funktionierend, erleiden die für alle Nährschichten typischen Umänderungen. Ihr Plasma wird dünner und es finden Kernteilungen statt, ohne daß auch die trennenden Zellmembranen auftreten; die Zellen werden vielkernig und die Kerne bekommen oft zwei und mehr Kernkörperchen.

Die wichtige, nun folgende Tetradenteilung konnte ich leider nicht verfolgen, denn trotz Anwendung der verschiedensten Fixierungsmittel fand ich bei darauffolgender Untersuchung die Kerne nur noch im Stadium des Kernnetzes, oder schon in Ruhe. Kernteilungen fand ich, sogar im Nuzellus bezw. den Integumenten der Samenanlagen, nur äußerst selten; überdies sind die Kerne sehr klein, so daß es mir nicht möglich war, die Chromosomen auch nur annähernd deutlich zu unterscheiden, zu zählen und so die Reduktion derselben zu verfolgen. Daß die Teilungen sehr rasch vor sich gehen, beweist der Umstand, daß ich in den gleichen Pollensäcken die nun etwas abgerundeten Pollenmutterzellen mit zwei und vier Kernen antraf. Taf. VIII., Fig. 63 und 64 zeigen solche Pollenmutterzellen; in denselben sind die Kerne im Stadium des Kernnetzes, zwischen den zwei Kernen nach der ersten Teilung sind noch Reste der Kernspindel sichtbar. In diesem Stadium sind die Kerne außerordentlich groß und die chromatische Substanz ist gleichförmig im Linningerüst des Kernes verteilt. Nachdem die vier Tochterkerne gebildet und wieder in das Ruhestadium eingetreten sind, zerfällt das Plasma der nun gelockerten Mutterzelle in vier entsprechend den Kernen tetraedrisch angeordnete Teile, es sammelt sich um die Kerne herum an, während der übrige Zellraum nur noch wenig Plasma enthält (Taf. VIII, Fig. 65).

Die Plasmapartieen mit den Kernen umgeben sich mit einer Membran, die rasch an Dicke zunimmt. Die Wandung der Mutterzelle löst sich auf und die nun entstandenen Mikrosporen- oder

Pollentetraden sind nur noch von ihren Überresten umgeben (Taf. VIII, Fig. 66 u. 67). Im Plasma der wachsenden Pollenkörner entsteht gegen das Innere der Tetrade eine Vakuole, so daß der Kern in das Plasma an die äußere Wandseite gelagert wird. Die sich verdickende Wand des Pollenkorns differenziert sich sehr bald in zwei Lagen, in eine innere Wandung, die Intine, welche aus reiner Zellulose besteht und nachher zum Pollenschlauch auswächst, und in eine äußere, dickere, kutinisierte und mit feinen Stacheln versehene Schicht, die Exine. Zu gleicher Zeit lösen sich auch die Körner aus dem Tetradenverband und füllen nun, regellos verteilt, den Pollensack (Taf. VIII, Fig. 68).

Nachdem das Pollenkorn die definitive Größe erreicht hat, finden in seinem Innern noch zwei Kernteilungen statt. Der bisher einzelne Kern teilt sich in zwei verschieden gebaute Tochterkerne, es entsteht ein zweikerniges Pollenkorn (Taf. VIII, Fig. 69). Der eine, größere Kern gleicht dem Mutterkern, es ist der sog. vegetative Kern, welcher eine deutliche Kernmembran mit innen angelagerter chromatischer Substanz und ein kleines, aber intensiv gefärbtes Kernkörperchen besitzt. Der zweite Kern, der sog. generative Kern, ist neben dem ersten gelagert und von einem schmalen, hellen Protoplasmasaum umgeben. In diesem Kern ist kein Kernkörperchen sichtbar und durch die feine, gleichmäßige Verteilung der chromatischen Substanz bekommt er ein körniges Aussehen. Schon jetzt sammelt sich um den generativen Kern das Plasma etwas dichter an, so daß zwei freie Zellen, die generative und vegetative, unterscheidbar sind.

Der generative Kern teilt sich sehr bald noch einmal in zwei gleich beschaffene Tochterkerne, die beiden generativen oder Spermakerne. Das Pollenkorn enthält drei Kerne in zwei freien Zellen, die nun noch deutlicher sind, ohne daß jedoch eine auch nur protoplasmatische Scheidewand gebildet wird. Die vegetative und generative Zelle unterscheiden sich lediglich durch die Dichte des Plasmas, das im reifen Pollen auch einige Öltropfen enthält (Taf. VIII, Fig. 70).

Während dieser Reifung des Pollens im Pollensack ist die Tapetenschicht immer mehr reduziert worden; die Wände und Kerne bleiben aber noch einige Zeit sichtbar. Die Wandung der reifen Pollensäcke besteht schließlich nur noch aus zwei Schichten, der Epidermis und einer innern Zellage, der subepidermalen Schicht, die jetzt durch faserförmige, radial verlaufende Verdickungsleisten zur fibrösen Schicht geworden ist. Die Scheidewände zwischen den zwei Pollensäcken einer Antherenhälfte sind jetzt nur noch dünn und zerreißen vor dem Aufspringen der Antheren, so daß zwei Längsrisse für die Öffnung der Beutel genügen. Hierbei werden die äußern Wände durch die Tätigkeit der fibrösen Schicht so weit zurückgeschlagen, daß die ganze innere Sackwandung mit dem daran schwach klebenden Pollen frei liegt.

Die reifen Pollenkörner sind schon von Edgeworth (191, S. 82 u. T. XV, Nr. 239) kurz beschrieben und abgebildet worden. Sie besitzen einen Durchmesser von 0,028 bis 0,035 mm,

und wie schon erwähnt, eine stachlige Oberfläche, die durch feine Wärzchen zustande kommt; ihre Form ist eine dreieckig-kugelige. Solange die Antheren geschlossen sind, unterscheiden sich die drei runden Kanten durch geringere Dicke und schwächere Bestachelung. Wenn hingegen der Pollen an der Luft, d. h. im geöffneten Pollensack liegt, entstehen drei ziemlich starke Längsrisse, die die Keimporen bilden und von denen eine zur Austrittsstelle des Pollenschlauches wird. Ins Wasser gebracht, wächst die Intine meist etwas zu allen drei Poren hinaus (Taf. VII, Fig. 58 u. 59).

Das Auskeimen der Pollenkörner konnte ich sehr gut durch künstliche Kultur in der feuchten Kammer bewirken. Am geeignetsten war eine 1,5 % Gelatinelösung mit 5 % Zucker. Es bildeten sich schon nach drei Stunden Ausstülpungen aus einer Spalte, und der rasch wachsende, verhältnismäßig breite Pollenschlauch erreichte nach einem Tage oft die 20fache Länge des Pollenkorns. In den so kultivierten Pollenschläuchen war stets eine lebhafte Bewegung des Protoplasmas in 3—4 nebeneinander, in entgegengesetzter Richtung gehenden Strängen zu beobachten. Leider gelang es mir nicht, sichere Beobachtungen über das Schicksal der drei Kerne im auskeimenden Pollenkorn zu machen (Taf. VII, Fig. 60).

D. Die Fruchtblätter.

Die Anlage und Ausbildung des Gynoeceums erfolgen bedeutend später und langsamer als diejenige des Androeceums. In der Winterknospe ist von den Samenanlagen noch nichts zu sehen und die drei Fruchtblätter bilden nur mit der Blütenachse die Wandung der noch kleinen, leeren Fruchtknotenhöhle.

Im Frühjahr beginnt die Weiterentwicklung der Fruchtblätter, nach den Staubblättern, mit einer Verlängerung des Fruchtknotens. Zugleich wachsen die Ränder der drei Karpelle gegen die Mitte und bilden so drei Plazenten, die sich zuerst im untern Teile treffen, während sie oben noch lange frei bleiben und der Fruchtknoten so nur unten durch diese echten Scheidewände in drei Fächer geteilt wird. Während der Verwachsung der Karpellränder zu den Plazenten beginnen sich an ihnen die Samenanlagen in Form kleiner Gewebehöcker zu differenzieren, die bald keulenförmige Gestalt annehmen. In zwei Fächern entstehen an jedem Fruchtblattrand 2—3 solcher Anlagen, während im dritten, welches zuerst auch nach oben vollständig abgeschlossen ist, nur eine einzige entsteht. Während der nun folgenden Weiterentwicklung wachsen die Spitzen der Fruchtblätter zum dünnen, langen Griffel aus, der an seinem Ende die dreikopfige, rundliche Narbe trägt und aus einem langzelligen Leitungsparenchym zusammengesetzt ist. In seinem Innern sind die drei zusammenstoßenden Teile der Fruchtblätter stets als drei radialgestellte Linien zu sehen; es ist jedoch kein Hohlraum vorhanden. Die beiden oben noch zusammenhängenden Fächer werden durch Verwachsung der Plazenten später auch getrennt. Der Fruchtknoten ist jetzt dreifächerig. Ein Fach enthält nur eine Samenanlage, die entsprechend

der stärkern Nahrungszufuhr bedeutend größer und stärker als die andern wird. Die zwei andern Fächer besitzen, da von jeder Seite zwei bis drei entwickelt werden, vier bis fünf, mitunter auch bis sieben kleinere Anlagen. Das einsamige, das später allein zur Samenbildung kommt, nennen wir das fertile, während die beiden andern, später unterdrückten Fächer als sterile bezeichnet werden können. Das fertile Fach liegt stets seitlich der Mediane (Taf. VII, Fig. 46 u. 61) und nicht hinten, wie Eichler das angibt und zeichnet (44, S. 268). Die Wandung des Fruchtknotens, der außen mit kurzen Haaren besetzt ist, besteht aus 6—8 Lagen von langgestreckten, oft krystallführenden Parenchymzellen und wird von 10 Gefäßbündeln, die in den Kelch-, bezw. Kronblättern enden, durchzogen. In der nun axil gewordenen Plazenta verlaufen drei Bündel, welche den Samenanlagen die Baustoffe zuführen (Taf. VII, Fig. 47—49).

Entwicklung der fertilen Samenanlage.

Der keulenförmige Höcker, der gewöhnlich etwas über der halben Höhe des Faches an der Plazenta sitzt, wird bald durch das stärkere Längenwachstum seines Stieles, des Funikulus, hängend. Zugleich vergrößert sich an dem rundlichen Scheitel eine subepidermale Zelle und es beginnt die Entwicklung des Embryosackes, die in der für die meisten Angiospermen typischen Weise verläuft (vergl. 14, S. 71 ff.). Die subepidermale, große Zelle, die sich bald auch durch ihren Plasmareichtum und einen größern Kern auszeichnet, ist die 0,018 mm große Archesporzelle oder Urmutterzelle des Embryosackes (Taf. VII, Fig. 54, Taf. IX, Fig. 76). Ihr Kern, der fast die ganze Zelle einnimmt, besitzt ein großes Kernkörperchen, und die chromatische Substanz ist in verschieden großen Körnchen an die Kernmembran gelagert. Während die Archesporzelle auf Kosten der umliegenden Zellen namentlich an Länge zunimmt, wird die ursprünglich orthotrope Samenanlage durch stärkeres Wachstum der äußeren Gewebepartieen nach innen gekrümmt, d. h. anatrop, und sein Scheitel so nach oben gerichtet. Zu gleicher Zeit beginnt sich in Form eines 4—5 Schichten breiten Wulstes rings um die Archesporzelle das einzige Integument zu bilden. Wie bei *Lonicera* wird auch bei *Linnaea* die Archesporzelle ohne Abtrennung einer sog. Tapetenzelle zur Embryosackmutterzelle (71, S. 174). Sie streckt sich immer mehr, ihr Plasma bleibt gleichwohl dicht, der Kern nimmt aber nicht mehr an Größe zu. Ausgewachsen zeigt die Embryosackmutterzelle eine länglich eiförmige Gestalt und der große Kern ist am obern Ende gelagert. Sie ist von dem stets nur einschichtigen Nuzellus umgeben und erreicht eine Länge von 0,028 mm (Taf. VII, Fig. 55, Taf. IX, Fig. 77).

Nachdem das Integument, aus 6—7 Schichten bestehend, so weit vorgerückt ist, daß ein zwar noch weiter Mikropylarkanal entsteht, findet die Tetradenteilung der Embryosackmutterzelle statt. Diese Kernteilung geht auch hier außerordentlich rasch vor

sich. Durch sie kommt es zur Ausbildung einer axilen Reihe von vier Tochterzellen, den Makrosporen, im Gegensatz zu *Lonicera*, wo nur drei solche gebildet werden (71, S. 174). Die vier Makrosporen sind durch parallele Querwände getrennt. Die unterste ist die größte (— 0,033 mm) und besitzt einen großen zentralen Kern, die drei obern sind niedriger und kleinkernig. In allen treten schon Vakuolen auf und in der untersten zeigt das Plasma eine wabige Struktur (Taf. VII, Fig. 56; Taf. IX, Fig. 78). Diese letztere wird nun durch starkes Wachstum vergrößert und zur Embryosackzelle; die drei obern werden durch sie zerdrückt und resorbiert; ihre Reste sind aber noch ziemlich lange als dunkle Kappe zwischen Nuzellus und Embryosackzelle sichtbar. Während der Vergrößerung der Embryosackzelle wird der Mikropylarkanal durch das weitere Wachstum des Integuments immer enger, bis sich die Wände schließlich ganz aneinander legen, ohne jedoch zu verwachsen. In dem nun einkernigen Embryosack ist auch der immer noch zentral gelagerte Kern vergrößert worden (Taf. IX, Fig. 79).

Durch eine erste Teilung in der Längsachse entsteht der zweikernige Embryosack (0,056 mm), dessen 2 Kerne noch in der Mitte senkrecht übereinanderstehen. Zu gleicher Zeit werden die 1—2 Schichten des Nuzellus durch den sich stets ausdehnenden Sack zerdrückt und ihre Reste sind nur noch als dunkel gefärbte Massen am Rande sichtbar (Taf. IX, Fig. 80). Der Sack kommt jetzt direkt an die innerste Schicht des stark ausgebildeten Integuments zu liegen, welche sich schon vorher zu einem plasmareichen Tapetum umgewandelt hat und so eine für den Embryosack wichtige ernährungsphysiologische Rolle spielt (Taf. IX, Fig. 87).

Die zwei Kerne wandern nun in dem länger gewordenen Sack etwas gegen die Pole und es erfolgt die zweite Teilung im Embryosack, die, nach der Lage der Tochterkerne zu urteilen, meist etwas schief zur Längsachse des Sackes stattfindet; beide Teilungsspindeln sind andrerseits senkrecht aufeinander. In dem nun vierkernigen Sack sind die je zwei obern und untern Kerne in polar gelagerte Plasmamassen eingebettet, die durch eine Wandschicht, sowie auch durch feine Stränge verbunden sind. Alle Kerne sind gleich groß, von eiförmiger Gestalt und von dichterem Plasma umgeben (Taf. IX, Fig. 81). Durch eine dritte und letzte Teilung wird der Embryosack achtkernig, wie dies bei der großen Mehrzahl der Angiospermen vorkommt. Der oberste, dem Mikropylarende am nächsten gelegene Kern teilt sich in der Richtung der Längsachse, der darunter liegende senkrecht dazu. Ebenso stehen die Spindelachsen der beiden untern Kernteilungen senkrecht aufeinander. Die so durch freie Kernteilung entstandenen 8 Kerne haben noch die gleiche Größe und bleiben zunächst in zwei polaren Gruppen gelagert (Taf. IX, Fig. 82).

Die definitive Ausbildung zum befruchtungsfähigen, reifen Sacke wird durch die nun eintretende simultane Zellbildung eingeleitet. Die drei obersten und drei untersten Kerne umgeben sich mit feinen Zellulosemembranen, es entstehen der Eiapparat und die Antipoden. Die zwei mittleren Kerne bleiben frei und werden

zu den sog. Polkernen. Der ganze Embryosack hat jetzt eine Länge von 0,15—0,16 mm und eine keulenförmige, an beiden Enden zugespitzte Gestalt (Taf. IX, Fig. 83 u. 84).

Das obere Ende wird durch den Eiapparat ausgefüllt, bestehend aus 3 Zellen, der Eizelle und den beiden Gehilfinnen (Synergiden 208, S. 32), welche alle nebeneinander auf gleicher Höhe angeordnet sind. Die Eizelle liegt mit breiter Basis der Sackwandung an (ohne die Mikropyle zu erreichen) und hat eine eiförmige bis kugelige Gestalt. Der große Kern ist etwas reicher an chromatischer Substanz und am untern Ende in dichtes Plasma eingebettet, während der obere Teil der Zelle meist von einer großen Vakuole eingenommen wird. Von den Synergiden ist gewöhnlich eine direkt unter der Mikropyle, die andere hingegen etwas darunter befestigt; beide grenzen ebenfalls mit breiter Basis an die Sackwandung. Sie haben eine der Eizelle ähnliche Form und ihre Kerne ruhen ebenfalls im Plasma des untern Teiles der Zelle, die auch eine große Vakuole enthält. Die Kerne hingegen sind etwas kleiner und das Plasma ist etwas dünner als bei der Eizelle. Von einer bei Synergiden häufig beobachteten, als Fadenapparat (208, S. 39) beschriebenen Streifung der Zellmembran konnte ich nie etwas beobachten (Taf. IX, Fig. 84).

Am untern Ende, gegen die Chalaza hin, sind die drei Antipodenzellen ausgebildet worden. Sie sind vor allem durch ihre jetzt bedeutend kleinern Kerne zu erkennen. Auch erreichen sie selten die Größe der obern Zellen und ihre Form und Anordnung ist eine wechselnde, indem sich dieselbe nach den räumlichen Verhältnissen des sehr verschieden ausgebildeten untern Endes richtet. Bald sind alle drei nebeneinander, bald ist eine (die größte) zuunterst, während die beiden andern darüber liegen. Sie enthalten stets wenig Protoplasma und daher eine große Vakuole. Sehr früh tritt bei ihnen eine Degeneration ein, oft schon vor der Befruchtung. Bei dem frühen Verschwinden, das Guignard auch bei *Lonicera* konstatiert hat (71, S. 175), ist ihnen wohl kaum irgend eine ernährungsphysiologische Rolle zuzuschreiben (Taf. IX, Fig. 83 u. 84).

Die beiden Polkerne nehmen noch etwas an Größe zu und werden so zu den größten Kernen im Embryosack. Der obere, der Schwesterkern des Eikerns, ist gewöhnlich in dem dichten Plasma unterhalb oder neben der Eizelle gelagert. Der untere wandert längs einem die zentrale Vakuole durchziehenden Plasmastrang zum obern hinauf, nur hie und da kommt ihm der obere etwas entgegen, so daß die nun erfolgende Verschmelzung dieser beiden Kerne stets im obern Teile, in der Nähe der Eizelle stattfindet (Taf. IX, Fig. 84 u. 85). Die Polkerne legen sich dort aneinander und platten sich ab; die trennenden Kernwandstücke werden aufgelöst und es erscheint jetzt ein großer Kern mit 2 Nukleolen, die aber bald verschmelzen und ein Kernkörperchen bilden: so entsteht der sekundäre Embryosackkern und der Sack ist jetzt befruchtungsfähig (Taf. IX, Fig. 86).

Das Tapetum hat sich mit dem Embryosack vergrößert und bildet eine geschlossene Schicht von radial gestreckten, stark gefärbten und großkernigen Zellen. Diese innerste Schicht des aus 8—10 Schichten bestehenden Integuments liefert dem sich später rasch ausbildenden Endosperm die Nährstoffe.

Entwicklung der sterilen Samenanlagen.

Die sterilen Anlagen bilden sich etwas später als die fertilen und erreichen meist nur eine halb so starke Entwicklung wie dieselben. In den zwei sterilen Fächern gehen sie auch vom mittleren Teil der axilen Plazenta aus (Taf. VII, Fig. 49). Wenn nur vier oder fünf pro Fach ausgebildet werden, sind sie alle übereinander; in dem selteneren Falle von je 7—8 solcher Anlagen sind die mittleren wegen des beschränkten Raumes auch nebeneinander zu zweien auf gleicher Höhe angeordnet. Von den sterilen Anlagen sind gewöhnlich die mittleren und obern am besten entwickelt; mitunter kann eine davon sogar die Größe einer fertilen Anlage erreichen und auch befruchtet werden, wodurch zweisamige Früchte entstehen, wie es auch von Schulz beobachtet worden ist (184, S. 140). Die untern Samenknospen hingegen bleiben meist auf einer niedern Entwicklungsstufe stehen; sie bilden zwar noch einen Embryosack aus, aber das achtkernige Stadium erreicht derselbe nur selten.

Die ganze Entwicklung der sterilen Samenanlagen deutet darauf hin, daß auch bei *Linnaea*, wie bei den *Caprifoliaceen* überhaupt, die Tendenz zur Reduktion des *Gynoeceums* herrscht (46, S. 157). Die Reduktion der Anzahl der Fächer hat zwar einen Stillstand erreicht; denn nie kommen nur zweifächrige Fruchtknoten vor und nur selten tritt ein vierfächriges *Gynoeceum* mit zwei fertilen einsamigen Fächern auf, wie dies die Regel bei *Symphoricarpus* ist. Hingegen ist die reduzierende Tendenz bei den Samenknospen sehr deutlich. Einmal gibt es fertile Fächer mit zwei Samenanlagen, welche Bildung auf eine ursprüngliche Vielsamigkeit aller Fächer hindeutet, dann ist es nahezu die Regel, daß in einem der sterilen Fächer die Zahl der Samenanlagen eine geringere ist und schließlich ist die bessere Ausbildung der obern Anlagen wohl auch als Beginn zur Reduktion aller Samenanlagen auf eine aufzufassen.

Die Ausbildung der sterilen Anlagen geht ganz gleich vor sich, wie bei den fertilen, und sie läßt sich, wegen der größern Anzahl, noch lückenloser verfolgen. In manchen fand ich etwas abweichende Bildungen, die einerseits auf den beschränkten Raum und andererseits auf die geringere Nahrungszufuhr zu den einzelnen Anlagen zurückzuführen sind.

In den ebenfalls keulenförmigen Anlagen entsteht auch die subepidermale Archesporzelle, die direkt zur Embryosackmutterzelle wird. Die Makrosporen entstehen, bevor das hier schwächere Integument den Mikropylarkanal gebildet hat. Normal werden auch vier solche in einer Längsreihe mit parallelen Querwänden ausgebildet. Daneben aber gibt es auch Anlagen mit nur drei

Makrosporen (Taf. X, Fig. 88); bei andern haben sie eine verschobene Lage, indem die Teilungen schräg zur Längsachse stattfinden und so schiefe Querwände gebildet werden. Häufig tritt in der untersten schon sehr früh eine Kernteilung ein und die Tochterkerne verschmelzen wieder und bilden einen großen Kern mit zwei Kernkörperchen. In einem andern Fall vermochte die obere Tochterzelle der Archespore keine Membran mehr nach der Teilung ihres Kerns zu bilden, so daß sie 2-kernig wurde (Taf. X, Fig. 89 u. 90).

Die Embryosackzelle wird nie so groß wie bei den fertilen Anlagen; aber in dem zwei-, vier- und achtkernigen Stadium sind die Kerne auch polar gelagert. Daneben aber kommt es auch gelegentlich vor, daß die Kerne des vierkernigen Sackes in der Mitte bleiben und dort wie eine Tetrade beieinander liegen (Taf. X, Fig. 91). Der gut ausgebildete sterile Sack hat auch keulenförmige, oben verbreiterte Form, und Eiapparat, Antipoden und Polkerne, sowie auch das Tapetum zeigen die gleiche Beschaffenheit wie beim fertilen Sack (Taf. X, Fig. 93). Daneben treffen wir aber auch Säcke von ovaler oder rundlicher Form, bei welchen Eiapparat und Antipoden gegen die Mitte verschoben sind, Mikropyle und Chalaza so frei lassend und bei denen die Verschmelzung der Polkerne bei den Antipoden erfolgt (Taf. X, Fig. 92). Endlich können die Antipoden oder Synergiden auf eine reduziert oder die Membranen der Zellen im Embryosack nicht mehr vollständig ausgebildet sein.

E. Bestäubung und Befruchtung.

Die Blütezeit umfaßt in den Alpen die Zeit von Mitte Juli bis Ende August. In Skandinavien hingegen sind jedes Jahr zwei Blütestadien zu beobachten, eine Sommerblütezeit, die Ende Juni und Anfang Juli auftritt, und eine Herbstblütezeit, die Ende August und Anfang September umfaßt. Die Blüten des Anfangs der letztern beruhen auf einer Metanthesis (Nachblühen) durch opsigone Entwicklung, während die gegen das Ende auftretenden ihre Entstehung einer Proanthesis durch proleptische Ausbildung von Fruktifikationstrieben verdanken (235, S. 253, 188, S. 249).

Zu Beginn der Blüte sind Staubgefäße und Narbe gleichzeitig reif, die Blüte ist also homogam. Die Antheren werden geöffnet und stellen sich etwas schief gegen die Öffnung der Blüte; die dreilappige Narbe bildet an ihrer Oberfläche längliche Papillen aus (Taf. X, Fig. 99), welche unter die Kutikula einen zuckerhaltigen Saft sezernieren, der durch Platzen der letztern frei wird und so die ganze Oberfläche der Narbe klebrig macht.

Es findet in der Regel Allogamie statt und die Übertragung des Pollens geschieht durch Insekten. Die vielen, oft ganze Teppiche bildenden, von ihrer grünen Umgebung durch die weißliche Farbe abstechenden und einen intensiven, schon von weitem wahrnehmbaren Vanilleduft ausströmenden Blüten locken die Insekten an (184, S. 139). Der Honig ist am Grunde der kürzeren oder längern Kronröhre vollständig geborgen und die Blüte wurde daher schon von Müller zu seiner Klasse B („Blumen mit vollständiger Honig-

bergung") gezählt (142, S. 32). Er ist gegen unberufene Besucher geschützt, einmal durch die klebrigen Drüsenhaare der Blütenstiele und Brakteen gegen ankriechende kleine Tiere, und dann durch die langen Haare der Krone und die zwar schwach ausgebildete Saftdecke gegen größere Honigräuber. Das Saftmal, sowie die hängende, an dem dünnen, langen Stiel leicht schwankende Blüte lassen auf Insektenbesucher schließen, die sich der Gewinnung von Blumennahrung schon einigermaßen angepaßt haben. Immerhin tritt noch keine Bevorzugung durch eine begrenzte Besuchergruppe hervor, und wegen der ziemlich großen Öffnung der Blütenkrone wird sie sogar von sehr vielen kurzrüßligen Insekten besucht.

Die Liste der bis jetzt beobachteten Besucher weist folgende Namen auf:

A. Diptera (Zweiflügler).

Diese Gruppe liefert den größten Teil der Bestäuber und zwar sind es hauptsächlich die kurzrüßligen Tanzfliegen und Fliegen.

Empidae (Tanzfliegen).

Empis tesselata Fabr. Oberengadin (145, S. 394), Finnland (194, S. 47).

Empis livida L. Finnland (155, S. 53).

Empis rufescens Loew. Nordamerika (40, S. 644).

Muscidae (Fliegen).

Aricia spec. und *Anthomyia* spec. Oberengadin (145, S. 394).

Aricia didynamia Zett. Finnland (155, S. 53).

Trichopticus longipes Zett. Finnland (194, S. 47).

Trichopticus innocuus Zett. Lappland (192, S. 88).

Syrphidae (Schwebfliegen).

Syrphus tricinctatus Fall. Finnland (193, S. 125).

Sericomyia lappona L. Finnland (194, S. 47).

Platycheirus peltatus Meig. Finnland (194, S. 47).

Platycheirus albimanus Fabr. Lappland (192, S. 88).

Chrysotoxum fasciolatum Deg. Lappland (192, S. 88).

Dolichopodae (Langbeinfliegen).

Neurigona quadrifasciata F. (91, S. 528).

B. Lepidopteren (Schmetterlinge).

Von dieser Gruppe sind schon bedeutend weniger Besucher bekannt. Im Engadin beobachtete ich sehr oft Spanner, die schon früh am Abend die weißlichen, intensiv duftenden Blüten besuchten.

Geometrinen (Spanner).

Lygris populata L. Oberengadin.

Thamnonoma bruneata Thbg. Oberengadin.

Larentia trancata Hufn. Oberengadin.

Mikrolepidopteren (Kleinschmetterlinge).

Diasemia litterata Sc. Oberengadin (145, S. 394).

C. Hymenopteren (Hautflügler).

Vertreter dieser an den Blütenbesuch am stärksten angepaßten Gruppe wurden bis jetzt nur selten angetroffen.

Halictus fulvicarnis Kirb. Schweden (236, S. 23).

Bombus agrorum Fabr. Finnland (155, S. 53).

Bei dem Besuch sitzen die kleinern Insekten auf der Unterlippe, die größern halten sich an den Blütenstielen und kommen so nach dem Streifen der Narbe mit den Antheren in direkte Berührung, oder der Pollen fällt durch die von dem Ansitzen des Insekts verursachte mehr oder weniger starke Erschütterung auf dasselbe, wird in der nächsten Blüte an die hervorragende Narbe gestreift und so die Allogamie vermittelt.

Neben der Allogamie kann auch Autogamie stattfinden. Bei den Insektenbesuchen fällt ein Teil des Pollens auf die langen Haare und wird bei steiler Blütenstellung oder bei einem durch eine lange Regenperiode verursachten Zusammenfall der Krone auf die Narbe gelangen. Daß Selbstbefruchtung nicht steril ist, konnte ich experimentell durch Einbinden der Blütenknospen in feine Gaze konstatieren, wobei doch normale Früchte, freilich in sehr geringer Anzahl, ausgebildet wurden.

Auf der Narbe keimen die Pollenkörner sehr rasch aus und die Pollenschläuche dringen zwischen den Narbenpapillen in das Griffelgewebe hinein. Dort verlaufen sie interzellulär bis zum obern Ende des Fruchtknotens. In den Fächern sind schon vor der Anthese die Wandungen der obern Plazenten und des Funikulus (aber nur diese) mit keulenförmigen einzelligen Epidermispapillen versehen worden. Zwischen diesen tritt nun der Pollenschlauch heraus und wächst, stets auf den Papillen, dem Funikulus entlang in die Mikropyle und den Embryosack.

Befruchtung.

Leider war es mir nicht möglich, die Kerne des Pollenkorns in dem durch den Griffel zu den Eianlagen wachsenden Pollenschlauch zu sehen, hingegen beobachtete ich oft die zwei Spermakerne im Embryosack. Der Pollenschlauch durchdringt die Membran des Embryosacks und verläuft, manchmal die Degeneration einer Synergide bewirkend, zwischen Eizelle und Sackwandung. Erst wenn er gegen das untere Ende der Eizelle gelangt, öffnet er sich und entläßt die Spermakerne. Diese haben jetzt ein etwas verändertes Aussehen. Sie sind wohl noch von dem hellen Plasmahof umgeben, aber ihre chromatische Substanz ist dichter und der ganze Kern kleiner, dafür aber tief dunkel gefärbt worden. Der eine der Spermakerne, die auch jetzt noch vollkommen gleich beschaffen sind und sich von den übrigen Kernen durch eine schwache Rotfärbung auszeichnen, geht in die Eizelle, der andere hingegen tiefer hinunter zum sekundären Embryosackkern (Taf. VIII, Fig. 71—74).

Sobald der Spermakern mit dem ihn umgebenden Protoplasma in die Eizelle gelangt, nie früher, finden sich in der letztern, namentlich in dem dichten Plasma um den Eikern herum, rötliche, dunkelgefärbte Massen von rundlicher, länglicher oder auch unregelmäßiger Form und verschiedener Größe. Diese Massen haben eine große Ähnlichkeit bezüglich der Form und Größe mit den früher als ausgestoßene Chromatinsubstanz ge-

deuteten Chondriosomen oder Chromidien. Ihre Lage verrät ihren plasmatischen Ursprung, doch konnte ich bis jetzt ihre chemische Natur nicht herausfinden. Ähnliche Gebilde wurden in jüngster Zeit aus fixierten und gefärbten Meristemzellen beschrieben; dabei handelte es sich entweder um Chromoplasten, seien es Leukoplasten, wie in der Wurzelspitze von *Vicia Faba* und *Asparagus officinalis* (127, S. 312; 115, S. 543), seien es Chloroplasten, wie in der Stengelspitze von Asparagus (115, S. 545) oder sie sind eiweißartiger Natur, die nachher beim Aufbau von neuen Organen Verwendung finden, wie z. B. in Basalzellen der Kurztrieben von Antithamnion (177, S. 277).

Bei den mir vorliegenden Gebilden, welche erst unmittelbar vor der später erfolgenden Kernteilung verschwinden, vermute ich, daß es sich um Eiweißprodukte handelt, die bei der Mischung der beiden Plasmen durch Fällung entstanden sind.

Die Spermakerne verschmelzen mit dem Eikern bezw. sekundären Embryosackkern (Doppelbefruchtung). Sie legen sich an diese Kerne an, worauf der dunkle Kern in dem hellen Hof immer kleiner wird und schließlich mit dem Protoplasmahof ganz verschwindet. Es findet offenbar ein Übertritt der chromatischen Substanz der Spermakerne statt; in den so befruchteten Kernen ist auch stets nur ein Kernkörperchen zu beobachten (Taf. X, Fig. 98). Die Befruchtung des sekundären Embryosackkerns erfolgt sehr bald (Taf. X, Fig. 94 u. 95) und ihr Produkt ist der Endospermkern, während diejenige des Eikerns sehr spät eintritt und daher der eine Spermakern sehr lange sichtbar bleibt (Taf. X, Fig. 96; Taf. VIII, Fig. 75).

Entwicklung des Endosperms.

Die erste Teilung des Endospermkerns erfolgt noch in der Nähe der Eizelle, währenddem die durch die weitern freien Kernteilungen gebildeten 4, 8, 16 und mehr freien Kerne sich an die ganze innere Wandung des nun vergrößerten, bis 0,3 mm langen Embryosacks lagern und von diesem protoplasmatischen Wandbelag aus schließlich den ganzen Embryonsack mit in stark vakuoligem Protoplasma eingebetteten ca. 150 Kernen füllen (Taf. X, Fig. 97). Erst jetzt findet durch Bildung der Zellwände die simultane Zellbildung statt und der ganze Sack ist von einem großmaschigen Gewebe mit großkernigen Zellen erfüllt. Bei dem nun weiter erfolgenden Wachstum des Endosperms werden die Tapetenschicht, sowie auch die übrigen innern Schichten des Integuments resorbiert. Durch Kernteilungen tritt teils eine Vermehrung von Zellen auf, teils erscheinen mehrkernige Zellen oder Kerne mit mehreren Nukleolen (Taf. XI, Fig. 100 u. 101).

Entwicklung des Embryo.

Die befruchtete Eizelle nimmt während der Endospermbildung an Größe zu, während die Synergiden und auch die Antipoden, sofern sie nicht schon vorher verschwunden sind, rasch degenerieren.

Die erste Teilung der Eizelle erfolgt erst, nachdem die simultane Zellbildung im Endosperm vollendet ist. Darin stimmt also *Linnaea* mit *Viburnum lantana* überein, wo nach Hofmeister (80, S. 121) auch erst die Bildung des Embryo nach der rasch erfolgenden Füllung des Sackes mit Endosperm beginnt. Durch zwei Teilungen entstehen aus der Eizelle vier in einer Reihe angeordnete Zellen, welche kleinere Kerne besitzen, als das sie umgebende Endosperm und den sog. Proembryo (34, S. 188) darstellen (Taf. XI, Fig. 101). In demselben wird nun die oberste Zelle etwas verlängert, plasmaärmer und bildet den stets einzellig bleibenden Suspensor. Die drei untern Zellen wachsen zum Embryo aus. Wie dies meistens bei den Phanerogamen der Fall ist, beginnt die Entwicklung desselben mit einer longitudinalen Teilung der Scheitelzelle, auf welche bald auch eine Transversalteilung der beiden Tochterzellen folgt, so daß ein Quadrant entsteht. Nachdem noch durch zwei diagonale Wände der Quadrant zu einem Octant geworden ist und aus der zweiten und dritten Zelle des Proembryo je 4 Tochterzellen entstanden sind, trennt sich von allen äußersten Zellen, mit Ausnahme der zwei obersten, an den Suspensor anschließenden, ein Dermatogen ab (Taf. XI, Fig. 102 u. 103), wodurch die Grundlage für das ganze spätere Hautgewebe geschaffen wird. Die inneren Zellen des rundlichen Embryo bilden das Meristem der nun zu entwickelnden Organe. Symmetrisch zur Lage der ersten Meridianspaltung beginnt durch intensivere Teilung von den seitlichen hypodermalen Zellen die Bildung der Kotyledonen, während aus den dahinter liegenden Zellen das hypokotyle Glied und die Wurzel entstehen.

3. Frucht und Same.

Mit der Zunahme der Samenanlage findet auch das Wachstum des Fruchtknotens statt. Das fertile Fach ist immer von dem reifenden Samen ausgefüllt und verdrängt und zerdrückt allmählich die sterilen Fächer mit ihren degenerierenden Samenknospen, die schließlich nur noch in Spuren vorhanden sind (Taf. XI, Fig. 111).

Die reife Frucht, ca. 2,5—3 mm lang, ist wie der Fruchtknoten eiförmig und etwas zugespitzt. Sie ist ganz vom Samen ausgefüllt und besitzt eine trockene, lederige, ziemlich dünne Fruchtschale, welche aus der Fruchtknotenwandung hervorgegangen ist. Die Fruchtwandung (Taf. XI, Fig. 109) besteht aus einer äußeren und innern Epidermis, zwischen welcher 1—5 Reihen parenchymatischer, dünnwandiger, länglicher Zellen vorhanden sind. Die innern derselben sind stets krystallführend. Die äußere Epidermis ist schwach verdickt und hat noch bisweilen Spaltöffnung, kurze Deckhaare und feine Stieldrüsen (145, S. 824). Wegen ihrer Einsamigkeit und der trockenen, von der Samenschale getrennten Fruchtschale, die sich erst bei der Keimung öffnet, gehört sie zu den Achaenien, den trockenen, einsamigen Schließfrüchten (234, 1879, S. 20). Von ältern Autoren wurde sie auch als Trockenbeere (88, S. 358) beschrieben. Hie und da trifft man zweisamige Früchte, die auf verschiedene Art und Weise entstehen

können (vergl. S. 43). An ihrer Außenseite ist die Frucht von den zwei stark vergrößerten Brakteen umgeben. Diese schließen sie fast bis zur Spitze wie zwei Klappen ein und sind mit der Fruchtschale bis zur Hälfte verwachsen. Von der Frucht sind nur noch das Spitzchen, ein Überrest des Griffels, und zwei schmale Streifen zu beiden Seiten sichtbar. An der Außenseite der Brakteen sind neue Drüsenköpfchen entstanden und an denselben läßt sich jetzt eine deutliche epidermale Lage von sezernierenden Zellen erkennen. Sie sondern ein zuckerhaltiges, klebriges Sekret aus und spielen eine wichtige Rolle bei der Verbreitung der Früchte (Taf. VII, Fig. 53). Die Frucht ist Ende August, ca. 2—3 Wochen nach der Befruchtung, fertig ausgebildet, fällt aber nicht sofort ab, sondern bleibt noch ca. 1 Monat an den Stielen sitzen, bis sie, falls dieselbe nicht auf irgend eine Art und Weise fortgeschafft wurde, durch Regen oder Schneefall auf den Boden gelangt.

In Skandinavien, Rußland, sowie im Engadin findet stets eine reichliche Fruktifikation statt, während in andern Gegenden trotz guter Anthese nur selten reife Früchte ausgebildet werden. So sind im Wallis (32, S. 309) und in Norddeutschland (127, S. 270; 19, S. 106; 29, S. 123) ausgereifte Früchte bis jetzt nur von wenigen Orten bekannt: Rathenow (154, S. XLVI), Wittstock (229, S. 157), Hohenstein, Ostpreußen (1, S. 354), Steegen, Westpreußen (3, S. 672).

Im reifen Samen hat der Keimling (Taf. XI, Fig. 111) eine länglich kegelförmige Gestalt. Er ist ca. 0,8 mm lang und noch durch den, jetzt einen dünnen Strang bildenden Suspensor mit der Mikropyle verbunden; eine Plumula wird zwischen den beiden aneinanderliegenden Kotyledonen nicht ausgebildet. Das Endosperm hat den größten Teil des Integuments aufgelöst. Es besteht jetzt aus großen Zellen, die neben Proteinkörnern auch fettes Öl in großen und kleinen Tropfen enthalten; Stärke ist in den dünnwandigen, polygonalen Zellen keine vorhanden. Die um den Embryo gelagerten Zellen sind immer etwas inhaltsärmer als die übrigen. Die Samenschale ist dünn und wird nur aus den 4—5 noch bleibenden äußersten Zellen des Integuments gebildet (Taf. VI, Fig. 110). Ihre Epidermis hat sich etwas vergrößert, ist aber dünnwandig geblieben; die darunterliegenden 2—3 Parenchymschichten sind zusammengedrückt, aber ziemlich dickwandig. Die stärkste Verdickung weist die Außenwand der äußersten Endospermzellen auf. *Linnaea* weist somit einen von andern *Caprifoliaceen*, z. B. *Symphoricarpus* und *Lonicera* abweichenden Bau der Samenschale auf, bei welchen nach den Untersuchungen von Brandza die äußersten Zellen stets stark verdickt und verholzt, die innern dagegen parenchymatisch sind (22, S. 153—154).

Die Verbreitung der Früchte.

Die lange klebrig bleibenden Brakteen (sie sind es noch nach 3 Jahren) lassen auf eine Verschleppung durch Tiere schließen. Bei der leisesten Berührung bleiben die Früchte am Gegenstand haften

und lösen sich außerordentlich leicht vom Fruchtstiel los. Obschon keine direkte Beobachtungen über die Verbreitungsweise der ganz unauffällig gefärbten Früchte vorliegen, ist doch eine epizoische Verbreitung sehr wahrscheinlich. Schon Hildebrand (76, S. 89) hat die Vermutung ausgesprochen, daß sie durch Anhaften an Tieren verbreitet werden und Zabel kann sich das Auftreten der an der Ostsee in den jungen Waldungen auftretenden Pflanzen, die dort nicht fruktifizieren, nur durch Verschleppung aus Skandinavien durch Zugvögel erklären (239, S. 210). Auf gleiche Art soll sie auch mit andern Nadelwaldpflanzen in die gepflanzten dänischen Nadelwälder gebracht worden sein (89, S. 406). Durch eine solche zoochore Verbreitungsweise, welche bei der Strauchschicht der Nadelwaldformation überhaupt häufig ist, wird die *Linnäe* befähigt, sich in großen Etappen auszubreiten und dadurch läßt sich auch ihr häufig sporadisches Auftreten erklären.

Keimung und erste Entwicklung.

Die reifen Samen behalten ihre Keimfähigkeit sehr lange, nach meinen Beobachtungen mindestens 3 Jahre. Die Samen, die auf den Boden gelangen, werden dort durch die Brakteen festgehalten und ruhen bis zum Frühjahr. In der Natur konnte ich den Keimungsvorgang nicht beobachten. Bringt man die Früchte im Herbst künstlich zur Keimung, so beginnt dieselbe schon nach anderthalb Wochen. Am obern Ende tritt durch eine sprungförmige Öffnung die Keimwurzel heraus und wächst sofort abwärts. Im Innern des Samens vergrößern sich die Keimblätter sehr rasch und treten an die Stelle des von ihnen resorbierten Endosperms. Aus der schützenden Samen- und Fruchtschale herausgezogen, ergrünen sie sehr rasch und nehmen die Horizontalstellung ein. Im ersten Jahr werden nur noch zwei Primordialblätter angelegt, so daß die einjährige Keimpflanze bloß aus einer ziemlich langen Pfahlwurzel, die hie und da noch 1 oder 2 Seitenwurzeln gebildet hat, den 2 Keimblättern und den mit ihnen alternierenden Primärblättern besteht. Die Keimblätter haben einen kurzen, stengelumfassenden Stiel und eine eiförmige Spreite. Ihre Oberfläche ist glatt; nur an der Basis sitzen einige Drüsenköpfchen und am Stiel 1—2 spitze Borstenhaare. Die Primärblätter sind schon etwas laubblattähnlich, indem sie jederseits Zähnchen und gleiche Behaarung wie diese besitzen; sie erreichen aber nie die Größe der Laubblätter (234, 1878, S. 19). Wie die Entwicklung der Keimpflanze, geht auch die weitere Ausbildung noch sehr langsam vor sich. Im zweiten Jahre entsteht ein kurzer, aber schon niederliegender Verjüngungstrieb von 2—4 Internodien und mit Winterknospen. Im darauffolgenden dritten Jahre bilden sich aus den Knospen die ersten Kurztriebe (Assimilations- und Fruktifikationstriebe) und aus dem Stamm die ersten Adventivwurzeln. Es hat die normale Entwicklung eingesetzt und die junge Pflanze besteht aus 2 aufeinanderfolgenden Langtrieben mit den Kurztrieben, einer Hauptwurzel und wenigen Adventivwurzeln. Wie schon

anfangs erwähnt, erleidet aber dieses regelmäßige Sproßsystem Störungen. Die erste derselben kommt meist durch opsigone Entwicklung von Seitenknospen zustande, zu welcher dann später die viel häufigere Prolepsis tritt. Die opsigon entwickelten Triebe können sogar in den Achseln der Keimblätter entstehen und häufig stärker als der Hauptsproß entwickelt werden (188, S. 255).

---

4. Kapitel.

Die Verbreitung.

1. Formationen.

Das Verbreitungsgebiet der *Linnaea borealis* L. umfaßt in einem breiten, zirkumpolaren Gürtel einen großen Teil der nördlich gemäßigten und subarktischen Zone von Europa, Asien und Amerika. Sie ist hier als Schattenpflanze vorzugsweise die Bewohnerin von feuchten Stellen des Bodens der an und für sich trockenen Nadelwälder.

Dabei sind die Nadelholzarten, deren Wälder für die Besiedelung durch die *Linnaea* in Betracht kommen können, in den drei Erdteilen je nach den Gegenden verschiedene, nämlich:

Europa.

Abies alba Mill.	Weißtanne	Westalpen.
Larix europaea D C.	Lärche	Alpen.
Picea excelsa Link.	Fichte	Alpen, Karpathen, Östl. Nordeuropa.
Pinus cembra L.	Arve	Alpen.
Pinus pumila Rgl.	Zwergkiefer	Riesengebirge.
Pinus silvestris L.	Waldföhre	Nordeuropa, Kaukasus.

Asien.

Hier treten an ihre Stelle zum Teil folgende östliche Arten:

Abies sachalinensis Mast.	Sachalintanne	Sachalin.
Abies sibirica Ledeb.	Sibirische Tanne	Ganz Nordasien.
Larix dahurica Turcz.	Dahurische Lärche	Ostasien.
Larix sibirica Ledeb.	Sibirische Lärche	Nordasien, Altai.
Picea ajanensis Fisch.	Ajanfichte	Ostasien.
Picea obovata Ledeb.	Sibirische Fichte	Nordasien, Altai.
Pinus cembra L.	Arve	Nordasien, Altai.
Pinus pumila Rgl.	Zwergkiefer	Ostasien, Kurilen.
Pinus silvestris L.	Waldföhre	Nordasien, Koktscha-Tau.

Nordamerika.

Die Liste enthält eine große Anzahl von amerikanischen Nadelhölzern; die Wälder zeigen oft mehrere Arten gemischt:

Abies balsamea Mill.	Balsamtanne	Östlicher Teil.
Abies grandis Lindl.	Große kalifornische Tanne	Felsengebirge.

Abies subalpina Engelm.	Westamerikanische Balsamtanne	Westküste.
Larix americana Mchx. . .	Ostamerikanische Lärche	Östlicher Teil.
Larix occidentalis Mutt. .	Westamerikanische Lärche	Felsengebirge.
Picea alba Lk.	Nordamerik. Weißfichte	Ganzer nördlicher Teil.
Picea nigra Lk.	Nordamerikan. Schwarzfichte	Östlicher Teil.
Picea sitkaensis Corr. . .	Sitkafichte	Westküste.
Pinus Banksiana Lamb. .	Strauchkiefer	Mittlerer Teil.
Pinus Murrayana Balf. .	Murrays Kiefer	Westküste, Felsengebirge.
Pinus resinosa Sol. . . .	Amerikanische Rotkiefer	Mittlerer Teil.
Pinus strobus L.	Weymouths-Kiefer	Östlicher Teil.
Pseudotsuga Douglasii Carr.	Douglastanne	Westküste.
Tsuga canadensis Carr. .	Kanadische Hemlocktanne	Östlicher Teil.
Tsuga Mertensiana Carr. .	Westamerikanische Hemlocktanne	Westküste.

Begleitpflanzen.

In allen diesen Wäldern findet sich *Linnaea* fast stets mit den gleichen Bewohnern des Waldbodens vereinigt. Auf einer losen, aus abgefallenen Nadeln und abgestorbenen Moosen zusammengesetzten Humusunterlage entwickelt sich eine Moosdecke, in diese sind mit *Linnaea* verschiedene Gefäßkryptogamen und Blütenpflanzen, meist mehrjährige, immergrüne Zwergsträucher, sowie Saprophyten, eingestreut.

Die Liste der in Europa häufigsten Begleiter weist folgende Namen auf:

Moose.

Arten aus den Gattungen *Dicranum, Hylocomium, Hypnum, Polytrichum.*

Gefäfskryptogamen.

Polypodiaceen: *Aspidium spinulosum* Sw., *Pteridium aquilinum* Kuhn.

Lycopodiaceen: *Lycopodium alpinum* L., *L. annotinum* L., *L. clavatum* L., *L. complanatum* L., *L. selago* L.

Gymnospermen.

Cupressineen: *Juniperus communis* L., *Jun. communis* L. var. *nana* Willd.

Angiospermen.

Monocotyledonen:

Gramineen: *Deschampsia flexuosa* Trin., *D. caespitosa* Pal., *Festuca ovina* L.

Juncaceen: *Luzula nivea* Dc., *L. pilosa Willd.*

Liliaceen: *Majanthemum bifolium* F. W. Schmidt, *Paris quadrifolia* L.

Orchideen: *Listera cordata* R. Br., *Goodyera repens* R. Br., *Coralliorrhiza innata* R. Br.

Dicotyledonen.

Betulaceen: *Betula nana* L.

Rosaceen: *Rubus chamaemorus* L., *Fragaria vesca* L.

Oxalidaceen: *Oxalis acetosella* L

Empetraceen: *Empetrum nigrum* L.
Cornaceen: *Cornus suecica* L.
Pirolaceen: *Pirola chlorantha* Sw., *P. minor* L., *P. rotundifolia* L., *P. secunda* L., *Chimophila umbellata* D C., *Monotropa hypopitys* L.
Ericaceen: *Rhododendron ferrugineum* L., *Arctostaphylos uva ursi* Spreng., *Vaccinium myrtillus* L., *V. uliginosum* L., *V. vitis idaea* L., *Calluna vulgaris* Salisb.
Primulaceen: *Trientalis europaea* L.
Scrophulariaceen: *Melampyrum pratense* L., *M. silvaticum* L.
Campanulaceen: *Campanula barbata* L., *C. rotundifolia* L.
Compositen: *Antennaria dioica* Gaertn., *Achillea millefolium* L.

In Asien und Amerika findet sich die *Linnaea* zum größten Teil mit ähnlichen Begleitpflanzen wieder, und zwar sind es teils die gleichen Arten, oder aber die für diese Erdteile charakteristischen Arten der gleichen Gattungen. (Amerika vergl. 20, S. 120; 73, S. 363 usw.; 105, S. 335; 227, S. 277; 232, S. 208; Asien vergl. 104, S. 445; 161, S. 51; 178, S. 89; 200, S. 165; 233, S. 25.)

Wenn die Wälder der Urbarmachung zum Opfer fallen und so der Pflanze der Schatten entzogen wird, gehen die Linnaeakolonien sehr bald zugrunde; denn gegen die alsdann überwuchernden Gräser und Unkräuter vermag sie nicht aufzukommen. So wird ihr Verschwinden infolge Abtrieb des Waldes aus verschiedensten Gegenden gemeldet: Wohlau in Schlesien (49, S. 195), Lüneburgerheide (205, S. 132), Innsbruck (240, S. 56); Chamounix (10, S. 273), Schottland, Ross. (78, S. 362).

Andererseits erscheint sie sehr oft bald in jungen, angepflanzten Waldungen, wohin sie durch Vögel verschleppt wird, wie im östlichen Deutschland, wo die Pflanze erst in neuerer Zeit auf diese Weise nach W vorrücken konnte (141, S. 106; 207, S. 175).

Außer in Nadelwäldern erscheint die *Linnaea* nur selten in andern Pflanzenvereinen. Für ihr Vorkommen fallen noch in Betracht:

a) **Laubwälder,** in welchen sie aber nur ausnahmsweise angetroffen wird: Buchenwälder (*Fagus silvatica*) in Schleswig-Holstein (179, S. 75), Jütland (79, S. 197); Birkenwälder (*Betula pubescens* Ehrh.) in Skandinavien (195, S. 135; 21, S. 22).

b) **Arktische Zwergstrauchheide.** Die *Linnaea* tritt hier aus dem Walde heraus und besiedelt im niedrigen Gebüsch feuchte Stellen; sie ist hier in Gesellschaft von Zwergsträuchern, die schon im Walde in ihrer Umgebung waren: *Juniperus, Betula nana, Salices, Pirola, Arctostaphylos, Vaccinium, Ledum, Cassiope, Empetrum, Lycopodium, Loiseleuria.* Hierher sind folgende Vorkommen zu zählen: Fjeldformation in Lappland (195, S. 135), Alaska (73, S. 592), Grönländische Haide (228, S. 372).

c) **Arktische Tundra.** Sogar hier, wo die Zwergsträucher gegenüber den Flechten und Moosen sehr zurücktreten, wird die *Linnaea* bisweilen, wenn auch äußerst selten, angetroffen: Alaska (42, S. 294), Tschuktschenhalbinsel

(104, S. 464). In Lappland tritt sie auf nacktem Boden (195, S. 135; 93, S. 489) auf, bleibt dann aber steril. Sie bevorzugt hier den kiesigen Boden und wird auch von verschiedenen Botanikern in den Alpen als Kieselpflanze angegeben (89, S. 77; 28, S. 177; 204, S. 643).

2. Verbreitung in Europa.

In Europa, wo die Verbreitung der Pflanze am besten bekannt ist, hat sie ihre Hauptentwicklung im nördlichen Teil; das davon gänzlich getrennte Vorkommen in den Alpen ist dagegen ein sehr beschränktes (Fig. 1).

A. Nordeuropa.

Im westlichen Teil von Nordeuropa findet sie sich in den Wäldern von *Pinus silvestris*; im Osten bewohnt sie die Wälder von *Picea excelsa*, welche ihrerseits gegen das Uralgebirge hin durch solche von *Larix sibirica*, *Picea obovata* und *Abies sibirica* ersetzt werden.

1. Skandinavien. In allen Teilen der Halbinsel, vom nördlichen Skane bis hinauf zum Nordkap, 71° 10' N. B., und zum Kongsfjord (183, S. 251), auch auf den Inseln der Westküste, z. B. Lofoten (236, S. 37). Die Nadelwälder, in denen sie hier fast stets zu finden ist, bestehen im Westen und Norden aus *Pinus silvestris*, z. B. am Alten Fjord (190, S. 232), im Süden und Osten aber auch teilweise aus *Picea excelsa* (6, S. 33), so am Berg Muen bei Listad (21, S. 21).

Auf höhern Erhebungen, Berg Blaahö (21, S. 23) und im Norden, Kiruna (195, S. 330) bewohnt sie auch Birkenwälder.

2. **Lappland und Kola.** In den Birkenwäldern, z. B. am Ounas-Tunturi (173, S. 209), auf Kola, die Küste meidend, bei Masselsk, Chibinägebirge, Imandrasee und bis zum Ponoiflusse (93, S. 490); aber auch über der Baumgrenze auf dem Fjeld: Bergkuppe des Kiruna Vara (195, S. 338), Peld Oaivi, Ailigas (93, S. 489).

3. **Finnland.** Sehr verbreitet (171, S. 97), nördlicher Teil im Kieferwald (90, S. 64), südlicher Teil im Fichtenwald (206, S. 19) oder auch Mischwald von Fichte und Birke (90, S. 65). Inseln des bottnischen und finnischen Meerbusens, z. B. Hochland (93, S. 490).

4. **Rußland,** wo nicht anderes angegeben nach Koeppen (93, S. 489—491). Vorkommend in den Gouvernementen:

Olonetz: Kieferwälder am Keret, Kem, Onega, Inseln des Weißen Meeres, z. B. Ssum Ostrow.

Archangelsk: Nördlich bis zur Indigabai, ferner an der Pesa, Rotschuga, Petschora, bis zur Kolwa und zum Ural (181, S. 505). Gegen Norden mit *Larix sibirica*, im Osten mit *Picea obovata*.

Wologda: Überall in den Wäldern von *Picea obovata*, im Süden auch mit *Abies sibirica* (86, S. 664; 113, S. 392).

Perm: Westlicher Teil mit *Picea excelsa*, gegen den Ural mit *Picea obovata* und *Abies sibirica*, Tscherdyn (70, S. 590). In den

subalpinen Bergwäldern des Ural dazu noch *Pinus cembra* und *Larix sibirica,* bis 1000 m hinaufgehend, am Demeshkin Kamen (99, S. 809); im Süden am Jurma (98, S. 1081).

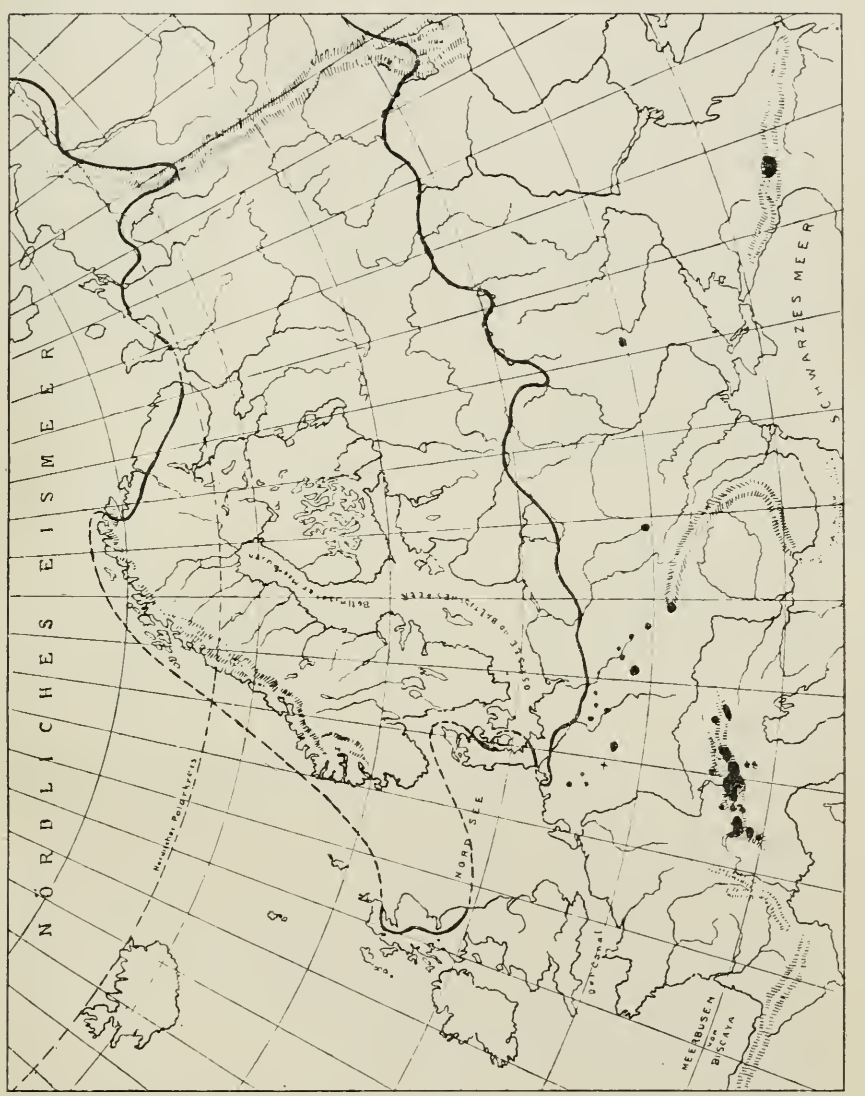


Fig. 1. Verbreitung in Europa.

U f a: Nur im nördlichen Teil bis zur Bjelaja; im Ural auf dem Taganai und Iremel.

O r e n b u r g: Im Ural bis ca. 54⁰ N. B. Südlichstes Vorkommen am Turgojaksee (164, S. 52).

W i a t k a: Wiatka und Nolinsk, nicht sehr verbreitet (113, S. 392).

Kasan: Nördlicher Teil bis zur Wolga und Kama; Wälder von *Pinus silvestris* oder *Picea excelsa*, im Osten mit *Abies sibirica* (100, S. 367).

Kostroma, Nishnii-Nowgorod: bis an die Oka und Wolga.

Nowgorod, Jarosslaw, Twer, Wladimir (ohne nähere Angaben).

Moskau: mehrere Standorte (113, S. 392).

Rjäsan: bis an die Oka.

Kaluga: bis an die Shisdra und Oka, Wälder von *Picea excelsa* oder *Pinus silvestris* (175, S. 364).

St. Petersburg: Wälder von *Pinus silvestris* (113, S. 392), auch auf Inseln des Ladogasees, z. B.Konnevits (164, S.140).

Orel: nur im Norden (Brjansk), Pskow, Witebsk, Smolensk. Estland, Livland, Kurland (Ostseeprovinzen, 113, S. 392), auch auf den Inseln der Ostsee, z. B. Oesel.

Kowno (113, S. 392), Wilna, Grodno, nur im nördlichen Teil (Bjelostok).

Polen: Norden, an der Grenze gegen Preußen: Stawiski, Grabowo, Sejny (168, S. 140).

Charkow: Seltenes, vereinzeltes Vorkommen bei zirka 50° N. B.

Wolynien: auch isolierte Standorte bei Wladimir, Wolynsk und Ustilug.

5. **Kaukasus.** Obschon nicht zu Nordeuropa gehörend, mögen diese interessanten Standorte hier ihren Platz finden:

Subalpiner Gebirgswald von *Pinus silvestris* und *Picea orientalis* im zentralen Kaukasus zwischen Ebrus und Kasbeck.

Südseite: am obern Aragwa: bei Devdorak (48, S. 967) und bei Dartlo am Alassan (217, S. 439) hier mit Kiefer und Birke.

Nordseite: Quellfluß Tsea des Ardon (202, S. XXI).

6. **Norddeutschland.** Als Bewohner von feuchten Stellen der Kieferwälder, oft sehr reichlich.

Ostpreußen: Im östlichen Teile noch in Wäldern von Kiefer und Fichte (59, S. 102), im Westen nur noch in Kieferwaldungen (41, S. 87). Fast überall vorkommend und nur gegen Osten seltener werdend (51, S. 354; 210, S. 757).

Westpreußen: Ausschließlich im Kieferwald (1, S. 354, auch auf frischer Nehrung (3, S. 231).

Posen: Vereinzelte Standorte an der Grenze gegen Westpreußen bei Witkowo (18, S. 87), Wirsitz, Bromberg, Inowrazlaw (153, S. 672) Meseritz (2, S. 270).

Pommern: hier sehr selten; Standorte auf Usedom, Treptow-Greifenberg (180, S. 118); Lauenburg im Osten (1, S. 355).

Brandenburg: Im nördlichen Teile ziemlich häufig (2, S. 270), Wittstock, Havelberg, Neu-Ruppin (229, S. 147), Spandau, Küstrin, Prenzlau, Freienwalde a. O., Driesen, Rathenow (154 S. XLVI), Rheinsberg, Zechlin (134, S. 139). — Im Süden der

Provinz vereinzelte Siedelungen: Dahme, Guben, Wittenberg und Belzig (2, S. 270).

Schlesien: Standorte in Kieferwäldern des Tieflandes Glogau, Rawitsch (182, S. 75), Herrnstadt, Oppeln (50, S. 95). Ferner in der Knieholzregion (*Pinus pumila*) des Riesengebirges: Kleine Schneegrube, Kleiner Teich (49, S. 195), Ziegenrücken (219, S. 334) und am Isergebirge: Mitteliserkamm (49, S. 195).

Mecklenburg: Verschiedene Standorte in den Kieferwäldern des Nordens und Ostens: Rostock (97, S. 120), Güstrow (95, S. 168), Krakow (67, S. 157), Neu-Brandenburg (207, S. 175), Neu-Strelitz (19, S. 253), Fürstenberg (am Petschsee, 96, S. 93), Schwerin (211, S. 55), Dobbertin (203, S. 120), Malchow (19, S. 253).

Schleswig-Holstein: Selten, in den angepflanzten Kieferwaldungen des Südostens: Pinneberg-Lübeck (111, S. 217) Neumünster (45, S. 686), Kückels bei Segeberg, hier unter Buchen (119, S. 75).

Oldenburg und Bremen: Ebenfalls in angepflanzten Kieferwaldungen: Jever, Varel, Cloppenburg, Neuenburg (72, S. 102; 141, S. 106), Ganderkesee (29, S. 123).

Hannover: Stade (4, S. 44), Lüneburgerheide, bei Radbruch (205, S. 132; 143, S. 226), Lingen (92, S. 1174), Fahrenkamp (60, S. 288).

Westfalen: Isoliertes Vorkommen bei Münster, Warendorf (92, S. 1174).

Harz: Auf dem Brocken, am nordöstlichen Abhang im sog. Krater, unterhalb des Schneeloches, in der alpinen Formation (226, S. 109). 1819 aus Tegel hierher versetzt (126, S. 56). Früher auch auf dem Meißner bei Kassel (92, S. 1174).

7. **Karpathen.** Einziger Standort in den Zentralkarpathen (Hohe Tatra) im subalpinen Fichtenwald des auf der Nordseite gelegenen Poduplaskitals (Weißwassertal), einem Nebenfluß der Bialka, in ca. 1400 m Höhe (5, S. 78; 172, S. 191).

8. **Dänemark**: äußerst selten, auf Jütland: Salten am Langsee (109 S. 457), unter Buchen; ferner einzelne Kolonien auf Bornholm und Seeland (79, S. 197).

9. **Britische Inseln.** Subalpine Wälder der Hügel- und Bergregion von Nordengland und Schottland, im östlichen Teil von 56° —58° N. B.; Kieferwald, selten. Gemeldet aus den Distrikten: Northumberland, Berwick (230, S. 11), Edinburgh (196, S. 402), Perth (197, S. 453), Forfar, Kincardine, Aberdeen, Banff, Morey (230, S. 11), Roß (78, S. 359), Sutherland, nördlichste Standorte (16, S. 186).

Nordgrenze: Die Nordgrenze des zusammenhängenden Areals der *Linnaea* zieht sich in Europa nach der vorliegenden Zusammenstellung vom Kongsfjord über Südvaranger, Kola und längs dem Ponoi an das Weiße Meer. Dort geht sie bis zur Mesenerbucht und Indigabai, längs dem Polarkreis und der Petschora bis zur Kolwa und dann am Fuße des Ural nach Süden bis gegen 65° N. B., wo sie das Gebirge überschreitet.

West- und Südgrenze. In England und Schottland geht die Westgrenze längs der Ostküste von Sutherland bis Northumberland, berührt die jütische Halbinsel an der Ostküste und betritt bei Lübeck das deutsche Gebiet. Die Südwestgrenze wurde hier für *Linnaea* schon vor 15 Jahren von Höck (79, S. 196) festgestellt. Dieselbe hat sich aber durch die reichliche Besiedelung von neugepflanzten Wäldern im östlichen Deutschland seither nach Osten verschoben und ist jetzt wohl folgendermaßen zu ziehen: Von Lübeck über Jade in einem großen Bogen (Jever, Neuenburg, Bremen) um den Jadebusen herum, dann bei Lüneburg über die Elbe und nach einem Bogen gegen Norden (Schwerin, Malchow, Wittstock) von Havelberg bis gegen Rathenow längs derselben. Hierauf zur Havel, Spree, an die Oder (Küstrin) und über Meseritz, Witkowo südlich der Netze nach Bromberg, etwas südlich nach Inowrazlaw und von hier nordwärts der westpreußischen Grenze (Straßburg, Ortelsburg) entlang gegen Rußland. Hier geht die Südgrenze nach Koeppen (93, S. 492 und Karte) über Bielostok, Wilna, Witebsk nach Norden, dann über Smolensk, Shisdra, Briansk, ziemlich weit nach Süden und verläuft entlang den Flüssen Oka (bis Nishnii-Nowgorod), Wolga (bis Kasan), Kama, Bjelaja (bis Ufa) und über den südlichen Ural gegen Schadrinsk.

Südlich von dieser Linie liegen die einzelnen, meist isolierten Standorte in Hannover, Westfalen, Harz, südlichem Brandenburg, Schlesien, Wolynien, Charkow, Karpathen und Kaukasus. Dieselben sind namentlich in Deutschland ziemlich dicht, so daß hier wohl eine Ausdehnung des Areals der *Linnaea* nach Süden und Osten noch stattfinden wird.

B. Alpen.

In den Alpen sind für die Verbreitung zwei Hauptgebiete zu unterscheiden, nämlich eines in den Westalpen, wo die Pflanze namentlich im Wallis häufiger auftritt und ein anderes in den Ostalpen, das seinen Mittelpunkt im Engadin besitzt. Sie bewohnt vorzugsweise die subalpinen Nadelwälder der südlichen Ketten, ohne über die Waldgrenze hinauszugehen, und tritt in den nördlichen Alpen nur selten auf.

I. Westalpen.

In den untern Lagen mit Weißtanne oder Fichte, weiter oben mit Lärche oder Arve.

1. **Cottische Alpen:** Einziger Standort im obern Guiltal (152, S. 45).

2. **Grajische Alpen:** Nördliche und südliche Täler des Gran Paradiso: Soana; Grand Eyvia: Cogne, Silvenoire; St. Marcel; Savara: Valsavaranche (151, S. 118; 150, S. 173 u. 174). Westliche französische Täler, Isèretal: Seitentäler von Tignes, Champagny (170, S. 150); Brides-les-Bains (131, S. 55).

3. **Savoyer Alpen:** Vallée de Bellevaux, Mt. Pétetau, in Weißtannenwald (25, S. 423); Creux de Novel bei ca. 1000 m in Fichten-

wald (10, S. 273). Val du Trient: Tête Noire, Finhaut (47, S. 15; 84, S. 174).

Ehemalige Standorte: Chamounix, Argentière (25, S. 423); Tête Noire, Voirons (10, S. 272).

4. **Walliser Alpen:** Häufigstes Auftreten in den Westalpen. Val de Bagnes (84, S. 174), Val de Nendaz, mit Lärche (13, S. 312); Rhonetal: Unterbäch; Val d'Hémerence, Val d'Hérens, mit Weißtanne oder Lärche; Val d'Anniviers (84, S. 174), Turtmanntal; Nikolaital mit Arve (47, S. 15); Saastal mit Fichte oder Lärche (47, S. 15; 84, S. 174).

5. **Berner Alpen:** Lens, am rechten Rhoneufer (14, S. 741); Adelboden: Engstligenalp, auf der nördlichen Seite (32, S. 370).

6. **Tessiner Alpen:** In Fichten- oder Lärchenwäldern: Airolo Pescium, Nante; Oberes Maggiatal, Campo: Cimalmotto (54, S. 108).

7. **Adula Alpen:** St. Peterstal (Glenner): Vals, Zervreila (204, S. 643), Safiental (185, S. 471); Hinterrheintal: Rheinwald, Sufers, Splügen, Rofla (204, S. 643), Schams; Avers: Ferrera, Cannicül (185, S. 471); Rheintal: Flims; Misoxertal: San Bernardino (151, S. 118), Passetti (185, S. 471).

8. **Glarner Alpen:** Vereinzelter Standort am Kleinen Mythen, beim Hacken (165, S. 200).

II. Ostalpen.

Unten mit Fichte, oben mit Lärche oder Arve.

9. **Albula Alpen:** Oberhalbstein: Molins, Salux, Savognin, Tinzen; Albulatal: Schyn, Filisur, Bergün, Albula (185, S. 471), Val d'Err (69, S. 294); Davosertal: Davos, Dischmatal, Sertig, Flüelatal (185, S. 471); Schanfigg: Arosa (185, S. 471); Castiel, Lenzerheide. Prättigau: Fideris (185, S. 471); Bevers; Val Tasna, Samnaun, Fimbertal, ob Ischgl. (89, S. 78).

10. **Bernina Alpen:** Namentlich an Hängen mit N. u. O. Exposition: Bergell: Canto, mit Fichte und Tannen (61, S. 58); Lago di Bitabergo, mit Arve und Lärche; Oberengadin, mit Lärche oder Arve: Maloja, Sils Maria, St. Moritz, Berninatal, Roseggtal, Heutal; Unterengadin: Ponte, Zuoz, Scanfs (185, S. 471); Puschlav: Canciano (185, S. 471), Cavagliola, Vale di Gole, Soaser, mit Fichte (27, S. 210).

11. **Ortler Alpen:** Inntal (Unterengadin): Süs, Lavin, Ardez, Fetan, unten Fichte, oben Lärche; Val Plavna (Lärche), Val Scarl mit Arve (89, S. 77); Spöltal, Zernetz, Fichtenwald; Ofental, Arvenwald (28, S. 177); Val d'Assa und Val Torta (89, S. 78); Münstertal: Sta. Maria (185, S. 471); Stilfserjoch. Oberes Veltlin (Adda): Bormio, Stelvio (151, S. 118), Mte. Braulio (134, S. 104); Val Furva: S. Caterina (151, S. 118); Val Camonica: Mte. Gavio, oberhalb Pezzo (169, S. 47), Passo del Tonale (151, S. 118); Vintschgau: Nauders (74, S. 1437), Ultental, Sultnertal (74, S. 395).

12. **Trientiner Alpen:** Mte. Gazza, Mte. Baldo (151, S. 118).

13. **Oetztaler Alpen:** Vintschgau: Matschtal, Laas; Oetztal: Schramkogel, Krahkogel, Stuibenfall; Inntal: Telfs, Zirl, Ladis; Sarntal: Villanders (74, S. 394).

14. **Hohe Tauern:** Arntal: Taufers (74, S. 394); Gasteinertal, Radhausberg (176, S. 187); Katschtal, Kärnten (147, S. 25).

15. **Allgäuer Alpen:** Rappenalptal bei Oberstdorf, mit Fichten (186, S. 786).

16. **Südtiroler Alpen** (Dolomiten): Schlern beim Langkofl (74, S. 395).

3. Verbreitung in Asien.

Über die Verbreitung der *Linnaea borealis* in Asien ist bis jetzt noch weniges bekannt, so daß sich das Areal nur in großen Zügen darstellen läßt. Auch hier bewohnt sie vorzugsweise die subarktischen Nadelwälder, die im Norden zum größten Teil aus *Larix sibirica* bestehen, welche gegen den Süden nacheinander durch *Picea obovata, Abies sibirica* und *Pinus silvestris* ersetzt wird. In höhern Lagen gesellt sich dazu *Pinus cembra;* im Osten tritt vom Jenessei an allmählich *Larix dahurica* an Stelle der *Larix sibirica* und an der Ostküste wird *Picea obovata* durch *Picea ajanensis*, *Pinus cembra* durch *Pinus pumila* verdrängt.

1. **Gebiet des Ob:** Obdorsk am nördl. Waldsaum, mit *Larix sibirica* und *Betula* (106, S. 209); Langiorskija Jurti, nördl. von Beresow, mit *Picea obovata, Pinus cembra* (103, S. 22); Samarova mit *Abies sibirica* Ledb. und *Pinus silvestris* L. (200, S. 165); Jekaterinenburg im Ural (113, S. 392); Koktscha-Tau: Kiefernwald auf dem Berg Meshennaja (62, S. 90); Altai: Subalpine Bergwälder der nördlichen Vorberge, mit *Larix sibirica, Picea obovata* und *Pinus cembra* (94, S. 55; 112, S. 446).

2. **Gebiet des Jenessei:** An der Mündung bei Tolstyi Noß bei 70° 10′ (236, S. 67); Krassnojarsk (113, S. 392) und Kansk (161, S. 51); Sajan: Nördliche Vorberge im Gebirgswald aus *Abies sibirica,·Pinus silvestris*, und weiter oben *Larix sibirica* und *Pinus cembra*, z. B. bei Minussinsk (133, S. 44); Baikalsee: Bergwälder (75, S. 20; 56, S. 13; 218, S. 93; 162, S. 392).

3. **Gebiet der Lena:** An der Mündung bei Kumach-Sur 71° 30′ nördlichster asiatischer Standort (236, S. 64); am Olonek, mittlere und untere Lena, mit *Larix sibirica* und *L. dahurica* (216, S. 63), obere Lena: Wilnisk-Jakutzk (113, S. 392).

4. **Tschuktschenhalbinsel und Kamtschatka:** Am Amadyr (161, S. 22); Lütke Hafen an der Laurentius Bucht auf Flechtentundra (104, S. 464); Kamtschatka (200, S. 20).

5. **Gebiet des Amur:** Transbaikalien (113, S. 392; 218, S. 93); Nertschinsk am Schilka (75, S. 20); Chingangebirge, nördlichster Teil, mit *Picea obovata, Larix dahurica, Pinus pumila* (106, S. 137; 52, S. 359); obere Seja, Zeisk (57, S. 111) und obere Bureja, Alyn (178, S. 48); Amurmündung und Küste des ochotzkischen Meeres mit *Larix dahurica, Picea ajanensis, Abies sibirica* und stellenweise *Pinus pumila*: Ochotzk (75, S. 20), Udsk, Tungurbusen (214, S. 48), Castries und südlich bis Imperator Bai 49° (135, S. 139).

Korea: ohne Standortsangabe (148, S. 104).

6. **Ostasiatische Inseln:** Sachalin, mit *Picea ajanensis, Abies sachalinensis* und *Larix dahurica* (178, S. 143); Kurilen: Shimushu, Etorofu in der Region von *Pinus pumila* (139, S. 238), Jesso: auf Berg Poroshiri (139, S. 238) Inseln des Ochotzkischen Meers: Groß Schantar, Alsae (214, S. 48).

Nordgrenze: Wenn man die nördlichsten Standorte miteinander verbindet, so ergibt sich eine Nordgrenze, die ziemlich mit der Waldgrenze übereinstimmt (vergl. 40, Nr. 48). Diese Grenze zieht sich vom Ural nordwärts gegen die Mündung des Ob (Obdorsk) und Tas und von hier noch weiter an den unteren Jenessei (70⁰ N.B.). Nachdem sie wieder etwas südlicher zum Chatanga und Olonek zurückgegangen, erreicht sie ihren nördlichsten Punkt an der Lena

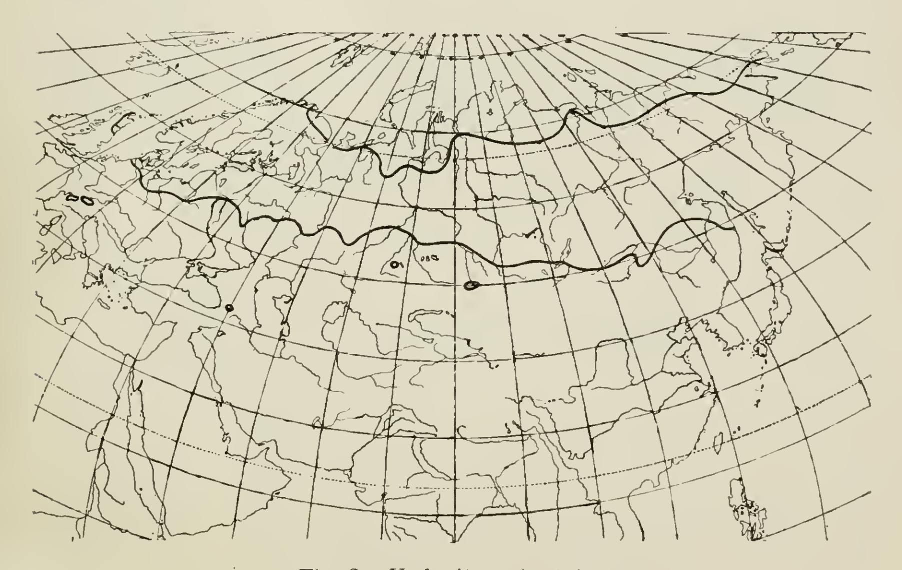


Fig. 2. Verbreitung in Asien.

(71⁰ 30′), bleibt von hier etwas über dem Polarkreis, geht auf der Tschuktschenhalbinsel südlich zum Amadyr und verläuft längs der Ostküste bis zur Lauretius-Bucht.

Südgrenze: Vom südlichen Ural über Schadrinsk, Tjumen, Tobolsk, entlang dem Irtysch an den Ob nach Tomsk; dann zum Jenessei (Minussinsk) und mit den Nordrand des Sajangebirges an den Baikalsee. Vom Baikalsee zur Schilka (Nertschinsk), nachher den nördlichen Teil des Chingangebirges und den Amur überschreitend an die obere Seja, d. h. ins nördliche Amurland, von dort zur Amurmündung an das japanische Meer (Imperator-Bai 49⁰ N. B.) und hinüber auf die japanische Insel Jesso, wo die Pflanze auf dem Poroshiri ihren südlichsten asiatischen Standort besitzt.

Einzelne Standorte südlich dieser Linie sind: auf dem Koktscha-Tau, Vorberge des Altai und auf Korea (?).

4. Verbreitung in Nordamerika.

Die Verbreitung in Nordamerika ist besser bekannt als diejenige in Asien; doch liegen auch hier, wie das bei dem so ausgedehnten Gebiete nicht anders möglich ist, oft nur spärliche Angaben vor. In einem breiten Gürtel ziehen sich die Nadelwälder über den ganzen nördlichen Teil des Kontinents. Die Zusammensetzung der Wälder ist eine noch verschiedenere als in Asien. Soweit dieselben für die *Linnaea* in Betracht kommen, sind sie im Norden von Labrador bis Alaska zum größten Teil aus *Picea alba* und *Larix americana* zusammengesetzt. Im östlichen Teil des Kontinents werden diese gegen Süden hin durch *Picea nigra, Tsuga*



Fig. 3. Verbreitung in Nordamerika.

canadensis und schließlich durch *Abies balsamea* und *Pinus strobus, Pinus Banksiana, Pinus resinosa* ersetzt. An der Westküste hingegen erscheinen *Pseudotsuga Douglasii, Tsuga Mertensiana, Picea sitkaensis*; an Stelle von *Pinus Banksiana* und *Abies balsamea* treten *Pinus Murrayana* und *Abies subalpina*, und noch weiter nach Süden erscheinen *Larix occidentalis* und *Abies grandis*. Sehr bemerkenswert ist das Auftreten der *Linnaea borealis* in sumpfigen Waldungen und in Sümpfen (64, S. 13; 231, S. 472).

Der Übergang von Nord nach Süd, sowie von Ost nach West vollzieht sich ganz allmählich, so daß sehr oft gemischte Wälder auftreten und im Felsengebirge, wo die *Linnaea* stark nach Süden vorgeschobene Standorte besitzt, östliche und westliche Nadelholzarten vereint sind.

A. Britisch Nordamerika.

1. **Labrador:** An der Ostküste nördlich bis Nain (57°) ferner bei Hopedale, Pack (227, S. 366); Hamilton Inlet (128, S. 208) mit *Picea alba* und *Larix americana.*

2. **Neu-Fundland:** Sehr verbreitet, namentlich an der Küste, mit *Picea alba, P. nigra, Abies balsamea* und *Pinus strobus* (227, S. 366; 73, S. 354); auch auf der Insel Miquelen (39, S. 107).

3. **Neu-Schottland und Neu-Braunschweig:** Mit *Picea nigra, Tsuga canadensis,* dazu mitunter noch *Picea alba, Abies balsamea, Pinus strobus* (73, S. 362). Neu-Braunschweig (73, S. 366); Neu-Schottland, u. a. Halblinsel Digby Neck (9, S. 78); Shelburne (36, S. 442).

4. **Canada:** In den meisten Gebieten (130, S. 195), im Osten mit *Picea alba, P. nigra* und *Tsuga canadensis*: Quebec, Saguennay River (73, S. 363); im Westen mit *Picea nigra, Pinus strobus* und *Pinus resinosa*: Ontario, Muskokasee (111, S. 285), Huronsee (83, S. 285).

5. **Manitoba:** Mit *Picea alba, Abies balsamea, Pinus Banksiana.* Nördliches Becken des Red River (220, S. 147), Carberry (33, S. 272), Winnipeg (105, S. 384).

6. **Saskatschewan:** Am nördlichen Saskatschewanfluß (75, S. 21).

7. **Kewatin, Athabasca, Mackenzie, Yukon:** Nähere Angaben fehlen, doch scheint sie in den südlichen und westlichen Teilen vorzukommen (83, S. 285).

8. **Alberta:** Felsengebirge: Banff (222, S. 215), Sheep Mts. (236, S. 174).

9. **Columbia** (83, S. 285): Mit *Pseudotsuga Douglasii, Tsuga Mertensiana, Picea sitchensis*: Kaskadengebirge bis 49° N. B. (105, S. 384); Vancouver (24, S. 235), Insel Sitka (20, S. 144).

B. Vereinigte Staaten.

1. **Neu-England:** Sowohl in tiefen Lagen, mit *Pinus strobus, Abies balsamea* und *Picea nigra,* als auch auf den Gebirgen, wo dann *Picea alba* und *Tsuga canadensis* wieder erscheinen (64, S. 13). Nantucket (146, S. 244), Insel Mt. Desert (162, S. 71), Insel Great Duck (163, S. 409), Mt. Catahdin (108, S. 46), Mt. Washington (73, S. 375).

2. **Mittelatlantische Staaten:** Zum größten Teil mit *Pinus strobus, Abies balsamea, Picea nigra.*

New York: Chemungtal (8, S. 131), Genesee River (15, S. 70), Long Island (24, S. 235), Adirondack Mts., Mt. Tahawus, hier auf der waldlosen Spitze (73, S. 405).

Pennsylvanien: Im westlichen Teil: Pocono Plateau (164, S. 372); am Juniata Fluß im nördl. Alleghany-Gebirge (73, S. 474). New Jersey (64, S. 13) und Maryland, nördl. Teil (30, S. 13).

3. **Binnenstaaten:** Mit *Picea alba, Abies balsamea, Tsuga canadensis, Pinus Banksiana, Pinus resinosa*, im Süden *Pinus strobus.*

Indiana: im nördlichen Teile (35, S. 188).

Michigan (231, S. 472): Menomeetal mit *Picea alba* oder *Pinus resinosa* (77, S. 208).

Wisconsin: Westlicher Teil (149, S. 2).

Minnesota: Minnesotatal (129, S. 193), am Pokegama- und Itascasee (81, S. 566).

Süd-Dakota: Vereinzeltes, weit nach Süden vorgeschobenes Vorkommen auf den Black Hills, mit *Picea alba, Tsuga canadensis* (73, S. 240).

Montana; Auf der westlichen Seite des Felsengebirges mit *Larix occidentalis, Pseudotsuga Douglasii, Pinus Murrayana*, bis 47° 30′ nach Süden gehend: Flatheadtal (232, S. 201), Pack River, Fort Colville am obern Columbiafluß (105, S. 384).

Colorado: In den Nadelwäldern der Täler des Felsengebirges; ganz isoliertes Vorkommen mit *Pinus Murrayana, Abies balsamea, Picea nigra*: Mt. Lincoln, ca. 3000 m (156, S. 53), bei Boulder NW. von Denver (23, S. 218); Beaver Creek bei Colorado Springs, südlichster Standort 38° 75′ N. B. (236, S. 174).

4. **Pazifische Staaten:** Im Norden mit *Picea alba*, gegen Süden: *Pseudotsuga Douglasii, Tsuga Mertensiana.*

Alaska: Nördlichster Standort am Kotzebue-Sund, am Rande der Tundra (83, S. 285); Nome City am Norton Sund (42, S. 294); Insel Unalaschka (83, S. 285), Chilcatgebirge, auf fjeldähnlicher Hochtundra (105, S. 384).

Washington: Nur im nördlichsten Teile, Insel Fidalgo (236, S. 173).

Idaho: Norden, Latah im Felsengebirge (82, S. 229; 75, S. 21).

Oregon: Alte Angabe, wohl im Felsengebirge (64, S. 13).

Californien: Mit *Tsuga Mertensiana, Abies grandis* (64, S. 13; 65, S. 181).

Utah: Alte Angabe, wohl im Felsengebirge und im Zusammenhange mit dem Vorkommen in Colorado (64, S. 13).

C. Grönland.

Auf der Zwergstrauchheide der Westküste (228, S. 372), Ivigtut 61° 11′; Holstenborg 67° (110, S. 269); Insel Disko: Godhavn (166, T. 44), Tuno, nördlichster Standort 70° (167, S. 180).

Das Areal des zusammenhängenden Vorkommens liegt, soweit es sich auf Grund der vorstehenden Zusammenstellung ermitteln läßt, zwischen den folgenden Grenzen:

Nordgrenze. Über den Verlauf der Nordgrenze ist nur wenig bekannt, so daß dieselbe wohl vorderhand am besten mit der nördlichen Waldgrenze zu vereinigen ist. Dieselbe wäre daher, unter Benützung von Drudes Florenkarte von Amerika (40, Nr. 50), wie folgt zu ziehen: Im Westen vom Kotzebue-Sund entlang dem nördlichen Polarkreis, dann längs dem Yukonfluß etwas südwärts

und hinüber an den Mackenziefluß; von hier zum Großen Bärensee, südwärts über den Großen Sklavensee zum Cap Churchill der Hudson Bai (58° N. B.) und auf der Halbinsel Labrador ungefähr mit dem 56. Breitegrad bis nach Nain an der Ostküste. Nördlich von dieser Linie befindet sich einzig das Vorkommen in Grönland.

Südgrenze. Von der Westküste bei 45° geht die Grenze dem Kaskadengebirge und Columbiaflusse entlang etwas nach Norden, dann längs des Felsengebirges in Idaho und Montana bis gegen 47° 50′ (Flatheadtal) nach Süden; hierauf wird sie längs des Westrandes des Gebirges und des nördlichen Saskatschewanflusses durch die Steppe weit nach Norden gedrängt, biegt um und geht westlich vom Winnipegosis- und Manitobasee südwärts zum Red River, von diesem an den Minnesotafluß und Michigansee und von dessen Südende über den Eriesee etwas nordwärts, um im nördlichen Alleghany-Gebirge (39°) und an der Westküste bis New Jersey wieder gegen Süden verlaufen.

Südlich von der oben angedeuteten Grenze befinden sich die Standorte der *Linnaea borealis* in der Sierra Newada (Californien), in den südlichen Felsengebirgen (Colorado und Utah), sowie auf den Black Hills (Süd-Dakota).

Literaturverzeichnis.

1. Abromeit, J., Flora von Ost- und Westpreußen. Berlin 1898.
2. Acherson, P., Flora der Provinz Brandenburg, der Altmark und des Herzogtums Magdeburg. Berlin 1864.
3. Acherson, P. und Graebner, P., Flora des Nordostdeutschen Flachlandes (außer Ostpreußen). 2. Aufl. Berlin 1899.
4. Alpers, F., Verzeichnis der Gefäßpflanzen der Landdrostei Stade. Stade 1875.
5. Ambros, P., Die Standorte einiger seltenen Pflanzenarten in der „hohe Tatra". (Jahrb. d. Ungar. Karpathen-Ver. Jahrg. II. 1875.)
6. Andersson, G. und Hesselman, H., Vegetation und Flora im Staatsforst „Hamra Kronopark". (Referat in Bot. Centralbl. Bd. CVII. 1908.)
7. Areschoug, F. W. C., Om de i „Beiträge zur Biologie der Holzgewächse" använda benämnigar för de olika slagen af grenar hos vissa vedertade växter. (Bot. Notiser. 1879.)
8. Arnold, J. S., Notes on the Flora of the Upper Chemung Valley. (Bull. Torr. Bot. Club. XV. 1888.)
9. Bailey, L. W., Notes on the Geology and Botany of Digby Neck. (Proc. and Trans. of the Nova Scot. Inst of Science. Vol. IX. 1898.)
10. Barbey, W., Le *Linnaea borealis* L. appartient-il à la Flore française? (Bull. de la Soc. bot. de France. T. 28. 1881.)
11. Bauhinus, C., Phytopinax seu Enumeratio plantarum ab herbariis nostro seculo descriptarum. Basilea 1596.
12. Bauhinus, C., Prodromus Theatribotanici. Basilea 1620.

13. Beauverd, G., Aperçu sur la florule du Mont-Gelé de Riddes (Valais). (Bull. des trav. de La Murithienne, Soc. Val. des sciences nat. Fasc. XXIII à XXV. 1894—1896. Sion 1897.)
14. Beauverd, G., *Linnaea borealis* L. (Bull. de l'herb. Boiss. Sér. 2. T. III. 1903.)
15. Beckwith, F., and Macauly, M. E., Plants of Munroe County, New York, an adjacent territory. (Proc. of the Rochester Acad. of Science. Vol. III. 1896.)
16. Benett, A., *Linnaea borealis* in Sutherland. (Ann. scott. nat. hist. 1894.)
17. Beyer, R., Nordostdeutsche Schulflora. Berlin 1902.
18. Bock, W., Nachtrag zum Pflanzenverzeichnis. (Zeitschr. d. Bot. Abt. d. Naturw. Ver. d. Prov. Posen. Jahrg. III. 1896.)
19. Boll, E., Flora von Mecklenburg. (Archiv d. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Jahrg. XIV. 1860.)
20. Bongard, M., Observations sur la végétation de l'île de Sitcha. (Mém. de l'Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg. Sér. 6. T. II. 1833.)
21. Bonnier, G. et Flahault, Ch., Sur la distribution des végétaux dans la région moyenne de la presqu'île scandinave. (Bull. de la soc. bot. de France. T. 26. 1879.)
22. Brandza, M., Développement des téguments de la graine. (Rev. gén. de Bot. T. III. 1891).
23. Britton, N. L. and Vail, A. M., An enumeration of the plants collected by M. E. Penard in Colorado during the summer of 1892. (Bull. de l'herb. Boiss. T. III. 1895.)
24. Britton, N. L. and Brown, H. A., An Illustrated Flora of the Northern United States, Canada and British Possessions. Vol. III. New York 1898.
25. Briquet, J., Trois plantes nouvelles pour la flore française. (Bull. de l'herb. Boiss. T. I. 1893.)
26. Briquet, J., Internationale Regeln der Botanischen Nomenclatur. (Verhandl. d. Internat. Botan. Kongresses in Wien. 1905. Jena 1906.)
27. Brockmann-Jerosch, H., Die Flora des Puschlav (Bezirk Bernina, Kanton Graubünden) und ihre Pflanzengesellschaften. Leipzig 1907.
28. Brunies, S. E., Die Flora des Ofengebietes (Südost-Graubünden). (Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens. Bd. XLVIII. Chur 1906.)
29. Buchenau, F., Flora von Bremen. Bremen 1879.
30. Buxbaum, J. C., Nova plantarum genera. (Comm. Acad. scient. imp. Petrop. T. II. Petropoli 1727.)
31. Caflisch, F., Excursions-Flora für das Südöstliche Deutschland. Augsburg 1881.
32. Christ, H., Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879.
33. Christy, R. M., Notes on the Botany of Manitoba. (Journ. of Bot. XXV. 1887.)
34. Coulter, J.M. and Chamberlain, C. J., Morphology of Angiosperms. London 1904.
35. Coulter, S., Noteworthy Indiana Phanerogams. (Proc. of the Ind. Acad. of Science. Indianapolis 1895.)
36. Cox, G. H., List of Plants collected in and around the Town of Shelburne. (Proc. and Transact. of the Nova Scot. Inst. of Science. Vol. VIII. 1890—94. Halifax 1894.)

37. De Bary, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.
38. De Candolle, A. P., Prodromus Systematis naturalis regni vegetabilis. Pars IV. Parisiis 1830.
39. Delamare, E., Renauld, F., et Cardot, J., Flora Miquelonensis. (Ann. de la Soc. Bot. de Lyon. 1887; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 17. Abt. 2. 1889.)
40. Drude, O., Atlas der Pflanzenverbreitung. (Berghaus H., Physikalischer Atlas. Abt. V. 2. Aufl. Gotha 1887.)
41. Drude, O., Mitteilungen über botanische Reisen 1899 und 1903 in Ostpreußen. (Abh. d. Naturw. Gesellsch. Isis. Dresden 1903.)
42. Eastwood, A., A descriptive list of the plants collected by Dr. F. E. Blaisdell at Nome City, Alaska. (Bot. Gaz. XXXIII. 1902.)
43. Edgeworth, M. P., Pollen. London 1877.
44. Eichler, A. W., Blütendiagramme. T. 1. Leipzig 1875.
45. Fack, M. W., Im mittleren Holstein beobachtete Pflanzen. (Schriften d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. Bd. VI. Heft 1. 1885.)
46. Fàmiller, J., Biogenetische Untersuchungen über verkümmerte oder umgebildete Sexualorgane. (Flora. Bd. 82. 1896.)
47. Fauconnet, Ch., Notice sur quelques plantes interéssantes du Valais. (Bull. des trav. d. l. soc. Murith. Fasc. V et VI. Aigle 1875 et 1876.)
48. Fedtschenko, O. et B., Matériaux pour la flore du Caucase. (Bull. de l'herb. Boiss. Sér. 2. T. I. 1901.)
49. Fiek, E., Flora von Schlesien. Breslau 1881.
50. Fiek, E. u. Schube, Th., Ergebnisse der Durchforschung der schlesischen Phanerogamenflora im Jahre 1895. (73. Jahresber. d. Schles. Ges. f. Vaterl. Kultur. Abt. II. 1895.)
51. Fischer, H., Der Pericykel in den freien Stengelorganen. (Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 35. 1900.)
52. Forbes, F. B. and Hemsley, W. B., Index florae Sinensis. Part. I. (Journ. of the Linn. soc. London. Bot. Vol. XXIII. 1886—87.)
53. Forbes, J., Hortus Woburnensis. London 1838.
54. Franzoni, A., Le piante fanerogame della Svizzera insubrica. (Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Gesellsch. Bd. XXX. T. 2. 1890.)
55. Freidenfeldt, T., Studien über die Wurzeln krautiger Pflanzen. I. Über die Formbildung der Wurzel vom biologischen Gesichtspunkte. (Flora. Bd. 91. Erg. bd. 1902.)
56. Freyn, J., Plantae Karoanae. (Oesterr. Bot. Zeitschr. Jahrg. XL. 1890).
57. Freyn, J., Plantae Karoanae amuricae et zeaënse. (Oesterr. Bot. Zeitschr. Jahrg. LII. 1902.)
58. Fritsch, K., Die Gattungen der Caprifoliaceen. (Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien. Bd. XLII. 1893.)
59. Führer, G., Forschungsergebnisse aus dem Kreise Heydekrug. (Schrift. d. physik.-ökon. Gesellsch. zu Königsberg. Jahrg. 43. 1902.)
60. Garcke, A., Illustrierte Flora von Deutschland. 19. Aufl. Leipzig 1903.
61. Geiger, E., Das Bergell. Forstbotanische Monographie. (Jahresber. d. Naturf. Ges. Graubündens. Bd. XLV. Chur 1902.)
62. Gordjagin, A., Über die Wälder am Koktsche-tau. (Schriften d. Westsibir. Abteil. der K. Russ. Geogr. Ges. 1897; Ref. in Bot. Centralbl. Bd. 75. 1898.)

63. Gray, A., Remarks concerning the Flora of North-America: *Linnaea borealis.* (Bot. Gaz. VII. 1882.)
64. Gray, A., Synoptical Flora of the North America: The Gamopetalae. New York 1886.
65. Greene, E. L., Flora Franciscana. P. III. San Francisco 1892; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 21. Abt. 2. 1893.)
66. Graebner, P., Die Gattung *Linnaea* (einschließlich *Abelia*). (Bot. Jahrb. Bd. 29. 1901.)
67. Griewank, G., Kritische Bemerkungen über einige seltene Pflanzen Mecklenburgs. (Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Jahrg. 36. 1882.)
68. Gris, A., Mémoire sur la moelle des plantes ligneuses. (Nouv. Arch. du Muséum d'hist. nat. T. VI. 1870.)
69. Grisch, A., Beiträge zur Kenntnis der pflanzengeographischen Verhältnisse der Bergünerstöcke. Beihefte z. Bot. Centralbl. Abt. II. Bd. XXII. 1907.)
70. Grüner, S. A., Esquisse d'une flore de la partie nord du district de Tscherdyne, gouv. de Perm. (Bull. de la Soc. Ouralienne d'Amateurs des scienc. nat. T. XXV. 1905; Referat in Bot. Jahresber. Jahrg. 34. Abt. 3. 1906.)
71. Guignard, L., Recherches sur le sac embryonnaire de Phanérogames Angiospermes. (Annal. des scienc. nat. Bot. Sér. VI. T. XIII. 1882.)
72. Hagena, K., Phanerogamen-Flora des Herzogthums Oldenburg. (Abh., herausgeg. v. naturw. Ver. zu Bremen. Bd. II. 1871.)
73. Harshberger, J. W., Phytogeographic Survey of North America. (A. Engler u. O. Drude, Die Vegetation der Erde. XIII.) Leipzig und New York 1911.
74. Hausmann, F. von, Flora von Tirol. Heft 1. 1851. Heft 2. 1854.
75. Herder, F. von, Plantae Raddeana Monopetalae. (Die Monopetalen Ostsibiriens. Bd. III. H. 1. Moskau 1864.)
76. Hildebrand, F., Die Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1873.
77. Hill, E. J., The Menominee Iron Region and its Flora. (Bot. Gaz. X. 1885.)
78. Hillhouse, M., The disappearance of british plants. (Journ. of. Bot. Vol. XXVII. 1889.)
79. Höck, F., Studien über die geographische Verbreitung der Waldpflanzen Brandenburgs. II. (Abh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrg. 38. 1896.)
80. Hofmeister, W., Neue Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen. (Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 1. 1858.)
81. Holzinger, J. M., Determinations of plants collected by Dr. J. H. Sandberg in Northern Minnesota, during 1891. (Minnesota Botanical Studies. Vol. I. 1894—98.)
82. Holzinger, J. M., Report on a collection of plants made by J. H. Sandberg and assistants in Nordern Idaho, in the year 1892. (Contrib. from the U. S. Nat. Herb. Vol. III. No. 4. W. 1895.)
83. Hooker, W. J., Flora Boreali-Americana or Botany of the northern parts of British America. Vol. I. London 1840.
84. Jaccard, H., Catalogue de la Flore Valaisanne. (Nouv. Mém. de la Soc. helv. des scienc. nat. T. XXXIV. 1895.)

85. Jussieu, A. L. de, Genera plantarum secundum ordines naturales disposita. Paris 1789.
86. Ivanitzky, N. St., Über die Flora des Gouvernements Wologda. (Bot. Jahrbücher. Bd. 3. 1882.)
87. Kalmuß, F., Botanische Streifzüge auf der frischen Nehrung von Neukrug bis Pöbbernau. (Schrift. d. Naturf. Gesellsch. in Danzig. N. F. Bd. VII. Heft 2. 1889.)
88. Kerner, A., Die Früchte der *Linnaea borealis* L. (Oest. bot. Zeitschr. Jahrg. XXII. 1872.)
89. Killias, E., Die Flora des Unterengadins. Ein Beitrag zur Kenntnis des Unterengadins. (Beilage zum XXXI. Jahresber. d. Naturf. Gesellsch. Graubündens. Chur 1888.)
90. Knabe, C. A., Pflanzenphysiognomische Skizzen aus dem südwestlichen Finnland. (Allg. bot. Zeitschr. 1896.)
91. Knuth, P., Handbuch der Blütenbiologie. Bd. II. Teil 1. Leipzig 1898.
92. Koch, W. D. J., Synopsis der Deutschen und Schweizer Flora. 3. Aufl. Bd. 2. Leipzig 1902.)
93. Köppen, F. Th., Geographische Verbreitung der Holzgewächse des europäischen Rußlands und des Kaukasus. T. 1. Petersburg 1888.
94. Kraßnoff, A., Vorläufiger Bericht über die Expedition in den Altai. (Arbeit. d. St. Petersburg. Gesellsch. d. Naturf. XIV. Heft 1. 1888; Referat in Bot. Jahrbücher. Bd. 9. Literaturber. 1888.)
95. Krause, E. H. L., Nachtrag zu Simonis Flora von Güstrow. (Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg Jahrg. 37. 1883.)
96. Krause, E. H. L., Botanische Mitteilungen. (Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Jahrg. 40. 1886.)
97. Krause, K. E. H., Zur Flora von Rostock. (Arch. d. Ver. der Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Jahrg. 36. 1882.)
98. Kriloff, P., Vorläufiger Bericht über eine botanische Exkursion nach dem Gouvernement Perm im Jahre 1875. (Arb. d. Naturforschergesellsch. a. d. Univ. zu Kasan. Bd. V. Heft 4. 1876. Referat in Bot. Jahresber. Jahrg. 4. Abt. 2. 1876.)
99. Kriloff, P., Material zur Flora des Gouvernements Perm. (Arb. der Naturforschergesellsch. a. d. Univ. zu Kasan. Bd. VI. Heft 6. 1878; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 6. Abt. 2. 1878.)
100. Kriloff, P., Vorläufiger Bericht über die botanisch-geographischen Untersuchungen des Gouvernements Kasan im Jahre 1881. (Beilage zu d. Protok. d. Sitz. d. Naturforschergesellsch. a. d. Univ. Kasan. Nr. 61. 1882; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 11. Abt. 2. 1883.)
101. Kuntze, O., Revisio generum plantarum. Bd. II. Leipzig 1891.
102. Kuntze, O., *Linnaea* or *Obolaria*? (Journ. of Bot. XXXII. 1894.)
103. Kurtz, F., Aufzählung der von K. Graf von Waldburg-Zeil im Jahre 1876 in Westsibirien gesammelten Pflanzen. (Abh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrg. 21. 1879.)
104. Kurtz, F., Die Flora der Tschuktschenhalbinsel. (Bot. Jahrb. Bd. 19. 1895.)
105. Kurtz, F., Die Flora des Chilcatgebietes im südöstlichen Alaska. (Bot. Jahrb. Bd. 19. 1895.)
106. Kusnezow, N., Botanische Ergebnisse der Expedition D. Putjatas nach dem Chingangebirge. (Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 21. Abt. 2. 1893.)

107. Kylling, P., Plantae quaedam domesticae et rarae et unguentum. (Acta med. et philosoph. Hafniensia P. II. Hafniae 1673.)
108. Lamson-Scribner, F., Mt. Kataadn and its flora. (Bot. Gaz. XVII. 1892.)
109. Lange, J., Haandbog i den Danske Flora. 3. Upl. Kjobenhavn 1864.
110. Lange, J., Tillaeg til Fanerogamerne og Karsporeplanterne. Conspectus Florae Groenlandicae. Pars secunda. (Meddel. om Grönland. Tredie Heft. Kjöbenhavn 1887.)
111. Lawson, G., The A. A. U. S. Botanical Club's Trip to the Lake of Muskoka, Ontario. (Bull of the Torr. Bot. Club. XVI. 1889.)
112. Ledebour, C. F. a, Flora Altaica. T. II. Berol. 1830.
113. Ledebour, C. F. a, Flora Rossica. Vol. II. Stuttgart 1844—46.
114. Levell, J. H., The visitors of the Caprifoliaceae. (Americ. Natural XXXIV. 1900. Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 29. Abt. 2. 1901.)
115. Lewitzky, G., Über die Chondriosomen in pflanzlichen Zellen. (Ber. d. deutschen bot. Ges. Jahrg. 28. 1910.)
116. Linnaeus, C., Hortus Cliffortianus. Amstelaedami 1737.
117. Linnaeus, C., Flora Lapponica. Amstelaedami 1737.
118. Linnaeus, C., Genera plantarum. Amstelaedami 1737.
119. Linnaeus, C., Öländska och Gothländska Resa. Lugduni Batavorum 1745.
120. Linnaeus, C., Flora Suecica. Lugduni Batavorum 1745.
121. Linnaeus, C., Amoenitates Academiae. Vol. II. Holmiae 1751.
122. Linnaeus, C., Species plantarum. T. II. Holmiae 1753.
123. Linnaeus, C., Genera plantarum. Editio V. Holmiae 1754.
124. Linnaeus, C., Flora Suecica. Ed. II. Holmiae 1755.
125. Linsbauer, L., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der *Caprifoliaceen.* (Verh. d. k. k. zool.-bot. Gesellsch. in Wien. Bd. XLV. 1895.)
126. Löske, L., Über das Vorkommen der *Linnaea borealis* am Brocken. (Verh. d. Bot. Ver. der Prov. Brandenburg. Jahrg. 45. 1903.)
127. Lundegard, H., Ein Beitrag zur Kritik zweier Vererbungshypothesen. Über Protoplasmastrukturen in den Wurzelmeristemzellen von *Vicia Faba.* (Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. Bd. 48. 1910.)
128. Mac Kay, A. H., Labrador Plants. (Proc. and Transact. of the Nova Scot. Inst. of Science. Vol. X. 1903.)
129. Mac Millan, C., The Metaspermae of the Minnesota Valley. Minneapolis 1893; (Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 21. Abt. 2. 1893.)
130. Macoun, J., Catalogue of Canadian Plants. II. Montreal 1881—1892.
131. Magnin, A., Nouvelle localité du *Linnaea borealis.* Arch. de la Flore jurassienne V. Besançon 1904.
132. Magnus, P., Über Blütenanomalien von *Linnaea borealis* Gron. (Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrg. 22. 1880.)
133. Martjanow, N., Materialien zur Flora des Minussinskischen Landes. (Arb. d. Naturforscherges. a. d. K. Universität Kasan. Bd. XI. H. 3. 1882; Referat in Bot. Jahrb. Bd. 9. Literaturber. 1888.)
134. Massara, G. F., Prodromo della Flora Valtellinese. Sondrio 1834.
135. Maximowicz, C. J., Primitiae Florae Amurensis. Versuch einer Flora des Amurlandes. (Mém. prés. à l'Acad. Imp. d. Scienc. de St.-Pétersbourg par div. savants. T. IX. et dernier. St.-Pétersbourg 1859.)

136. Metsch, A., Beiträge zur Kenntnis der Flora des südlichen Ural. (Arb. d. Naturforscherges. a. d. K. Universität Kasan. Bd. 1896; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 24. Abt. 2. 1896.)
137. Meyer, E., Über einige Mißbidungen und normale Eigentümlichkeiten der *Linnaea borealis.* (Botan. Zeitg. Jahrg. 2. 1844.)
138. Michael, P. O., Vergleichende Untersuchungen über den Bau des Holzes der *Compositen, Caprifoliaceen* und *Rubiaceen.* (Dissert.) Leipzig 1885.
139. Miyabe, K., The Flora of the Kurile Islands. (Mem. of the Boston Soc. of nat. hist. Vol. IV. 1890.)
140. Morot, L., Recherches sur le péricycle ou couche périphérique du cylindre central chez les Phanérogames. (Ann. des sciences nat. Bot. Sér. 6. T. XX. 1885.)
141. Müller, F., Beiträge zur oldenburgischen Flora. (Abh., herausgeg. v. naturwiss. Ver. zu Bremen. Bd. IX. H. 2. 1885.)
142. Müller, H., Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten und ihre Anpassung an dieselben. Leipzig 1881.
143. Nöldeke, C., Flora des Fürstentums Lüneburg, des Herzogtums Lauenburg und der freien Stadt Hamburg. Celle 1890.
144. Nordstedt, O., Om nagra af svenska florans novitier. (Bot. Notiser. 1880.)
145. Olbers, A., Bidrag till kännedom om fruktväggens byggnad. [Beiträge zur Kenntnis des Baues der Fruchtwand.] (Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akadem. Förhandl. Arg. 42, Nr. 5. 1885.)
146. Owen, M. L., Plants of Nantucket. (Bull. of the Torr. Bot. Club. XV. 1888.)
147. Pacher, D., Aufzählung der in Kärnten wildwachsenden Gefäßpflanzen. (Jahrb. d. naturhist. Landesmuseums v. Kärnten. H.16. Klagenfurt 1884.)
148. Palibin, J., Conspectus florae Koreae. Pars V. (Acta horti Petropolitani. T. XVII. Fasc. 1. 1899.)
149. Pammel, Woody plants of Western Wisconsin. (Proc. of the Jowa Acad. of Scienc. Vol. I. Pt. 2. 1892.)
150. Pampanini, R., Essai sur la géographie botaniques des Alpes et en particulier des Alpes Sud-Orientales. (Mém. de la Soc. fribourg. des Scienc. Nat. Geol. et Geogr. T. III. Fasc. 1. 1903.)
151. Parlatore, F., Flora italiana, continuata da T. Caruel. Vol. VI. Firenze 1884—1886.
152. Petitmangin, M., Note sur quelques nouveautés de la flore française. (Le Monde des plantes. Année VI. 1904. Nr. 30.)
153. Pfuhl, F., Die bisher in der Provinz Posen nachgewiesenen Gefäßpflanzen. (Zeitschr. d. Bot. Abt. d. Naturw. Ver. d. Prov. Posen. Jahrg. III. 1896.)
154. Plöttner, T., Verzeichnis von Fundorten einiger seltenerer oder weniger verbreiteter Gefäßpflanzen der Umgebung von Rathenow. (Verhandl. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrg. 40. 1898.)
155. Poppius, B. R., Blombiologiska jakttagelser. (Acta soc. pro fauna et flora fennica. XXV. 1903. Nr. 1.)
156. Porter, Th. C., and Coulter, J. M., Synopsis of the Flora of Colorado. Washington 1874.
157. Porter, Th. C., Flora of the Pocono Plateau. (Rhodora. I. 1899; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 27. Abt. 1. 1899.)

158. Praetorius, J., Beiträge zur Flora von Konitz. (Schrift. d. physik.-ökonom. Gesellsch. z. Königsberg. Jahrg. XV. 1874.)
159. Praetorius, J., Neue oder seltene Funde der Konitzer Flora. (Schrift. d. physik.-ökon. Gesellsch. Königsberg. Jahrg. XIX. 1878.)
160. Prahl, P., Flora der Provinz Schleswig-Holstein und des angrenzenden Gebietes der Hansestädte Hamburg und Lübeck und des Fürstentums Lübeck. 3. Aufl. Kiel 1903.
161. Prein, J., Catalogus plantarum in goubernii Enisseyensis nonnullus locis collectarum. St. Petersburg 1884. (Ref. in Bot. Jahrb. Bd. 9. Literaturber. 1884.)
162. Rand, E. J. and Redfield, J. H., Flora of Mount Desert Island, Maine. Cambridge 1894. (Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 22. Abt. 2. 1894.)
163. Redfield, J. H., Insular Vegetation. (Bull. of the Torrey. Bot. Club. XX. 1893.)
164. Regel, E., Das Kloster und die Inseln Walam. (Gartenflora. Jahrg. 28. 1879.)
165. Rhyner, J., Abrisse zur Tabellarischen Flora der Schweizer Kantone. Schwyz 1868.
166. Rikli, M., Vegetationsbilder aus Dänisch-Westgrönland. (Veg. bilder v. G. Karsten und K. Schenk. Reihe 7. H. 8. Leipzig 1910.)
167. Rikli, M. und Heim, A., Sommerfahrten in Grönland. Frauenfeld 1911.
168. Rostafinski, J., Florae Polonicae Prodromus. Übersicht der bis jetzt im Königreich Polen beobachteten Phanerogamen. (Verh. d. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien. Bd. XXII. 1872.)
169. Rota, L., Prospetto della flora della provincia di Bergamo. Bergamo 1853.
170. Rouy, G., Deux localités françaises nouvelles pour le *Linnaea borealis* L. (Rev. de bot. syst. et de géogr. bot. 1904. Nr. 21, II.)
171. Saelan, Th., Kihlmann, A. O., Hjelt, H., Enummeratio plantarum musei Fennici. I. Plantae vasculares. Ed. II. Helsingforsiae 1889.
172. Sagorski, E., und Schneider, G., Flora der Centralkarpathen (mit specieller Berücksichtigung der Hohen Tatra). II. Leipzig 1891.
173. Sandmann, J. A., Nagra ord om vegetationen pa Ounastunturi. (Vitensk. Meddel. geogr. förenig. Finland. 1892—93; Referat in Bot. Jahresber. Jahrg. 20. Abt. 2. 1892.)
174. Sanio, C., Vergleichende Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung des Korkes. (Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. 2. 1860.)
175. Sanizky, P. P., Umriß der Flora des Gouvernements Kaluga. (Arb. d. Petersburg. Gesellsch. d. Naturforsch. Bd. XIV. Heft 2. 1884; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 12. Abt. 2. 1884.)
176. Sauter, E. A., Flora der Gefäßpflanzen des Herzogtums Salzburg. 2. Aufl. Salzburg 1879.
177. Schiller, J., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns. (Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. 49. 1911.)
178. Schmidt, F., Reisen im Amurlande und auf der Insel Sachalin. (Mém. de l'Acad. imp. St. Pétersbourg. Sér. VII. T. XII. 1868.)
179. Schmidt, J. J. H., Beitrag zu einem Standortsverzeichnis der Phanerogamen des südöstlichen Holsteins. (Schrift. d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. Bd. III. H. 1. 1878.)
180. Schmidt, L. E., Flora von Pommern und Rügen. Stettin 1840.

181. Schrenk, A. G., Reise nach dem Nordosten des europäischen Rußlands, durch die Tundren der Samojeden, zum Arktischen Uralgebirge. T. 2. Dorpat 1854.
182. Schube, Th., Einige Funde aus dem Süden der Provinz. (Zeitschr. d. Bot. Abt. d. Naturw. Ver. d. Prov. Posen. Jahrg. II. 1895.)
183. Schübeler, F. C., Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75.
184. Schulz, R., Zur Flora der Provinz Brandenburg. (Abh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrg. 44. 1902.)
185. Seiler, J., Bearbeitung der Brüggerschen Materialien zur Bündnerflora. (Jahresber. d. Naturf. Gesellsch. Graubündens. Bd. LI. Chur. 1909.)
186. Sendtner, O., Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. München 1854.
187. Sernander, R., Studier öfver skottbyggnaden hos *Linnaea borealis* L. (Bot. Not. 1891.)
188. Sernander, R., Studien über den Sproßaufbau von *Linnaea borealis* L. (Bot. Centralbl. Bd. 61. 1895.)
189. Sernander, R., Den skandinaviska vegetationens spridningsbiologi. Zur Verbreitungsbiologie der skandinavischen Pflanzenwelt. Upsala 1901.
190. Seuffert, J. M., Vegetation und Landeskultur in Norwegen. (Hamburger Gart.- u. Blumenzeitg. XXXV. 1879.)
191. Siegesbeck, J. G., Primitiae florae Petropolitanae. Rigae 1736.
192. Silén, F., Blombiologiska iakttagelser i Kittilä Lappmark. (Meddel. af Soc. pro Fauna et Flora Fennica. h. 31. 1906.)
193. Silén, F., Blombiologiska iakttagelser i södra Finland. (Meddel. af Soc. pro Fauna et Flora Fenn. h. 32. 1906.)
194. Silén, F., Blombiologiska iakttagelser i södra Finland. II. (Meddel. af Soc. pro Fauna et Flora Fenn. h. 35. 1908.)
195. Simons, H. G., Floran och vegetationen i Kiruna. Stockholm 1910.
196. Smith, R., Botanical Survey of Scotland. I: Edinburgh District. (The Scott. Geogr. Magaz. Vol. XVI. 1900.)
197. Smith, R., Botanical Survey of Scotland. II: North Perthshire District. (The Scott. Geogr. Magaz. Vol. XVI. 1900.)
198. Solereder, H., Über den systematischen Wert der Holzstruktur bei den Dicotyledonen. München 1885.
199. Solereder, H., Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1899.
200. Sommier, S., Un'estate in Siberia. Firenze 1885. (Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 14. Abt. 2. 1886.)
201. Sommier, S., Risultati botanici di un viaggio all' Ob inferiore. P. I. (Nuovo giorn. bot. ital.; Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 20. Abt. 2. 1892.)
202. Sommier, S. et Levier, E., Enumeratio plantarum anno 1890 in Caucaso lectarum. Petropoli et Florentiae 1900.
203. Stehlmann, Kleinere Beobachtungen bei Dobbertin. (Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. LVI. 1902.)
204. Steiger, E., Beiträge zur Kenntnis der Flora der Adulagebirgsgruppe. (Verh. d. Naturf. Gesellsch. Basel. Bd. XVIII. 1906.)
205. Steinvorth, H., Botanische Anmerkungen. (Jahresh. d. naturw. Ver. f. d. Fürstent. Lüneburg. IX. 1884.)
206. Stenroos, K. E., Flora des Kirchspiels Nurmijärvi. (Acta soc. pro fauna et flora Fennica. Vol. IX. Nr. 11. 1894.)

207. Steusloff, U., Zur Flora von Neubrandenburg und Umgebung. (Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Jahrg. LV. 1901.)
208. Strasburger, E., Über Befruchtung und Zellteilung. Jena 1878.
209. Theorin, P. G. E., Undersökning of nagra växtarters Trichomer. (Arkiv för Bot. Bd. 6. 1906. Nr. 6.)
210. Thienemann, H. W., Skizze der Flora Masurens. (Flora. Jahrg. XLIV. 1861.)
211. Toepffer, A., Zur Flora von Schwerin. (Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg. Jahrg. 47. 1893.)
212. Tondera, F., Vergleichende Untersuchungen über die Stärkezellen im Stengel der Dicotyledonen. (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien. Math.-naturw. Klasse. Bd. CXVIII. 1905.)
213. Torrey, J., Phanerogamia of the Pacific Coast in North-America. (Unit. Stat. Explor. Exped. dur. 1838—1842. Vol. XVII. Botany. Philadelphia 1874.)
214. Trautvetter, E. R. von, und Meyer, C. A., Florula Ochotensis Phaenogama. (In A. Th. v. Middendorff, Reise in den äußersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844. Bd. I. T. 2 (Botan.) Abt. 2. St. Petersburg 1856.)
215. Trautvetter, E. R. von, Flora terrae Tschuktschorum. (Acta horti Petropolit. VI. 1779.)
216. Trautvetter, E. R. von, Plantas Sibiriae borealis ab A. Czekanowski et F. Mueller annis 1874 et 1875 lectas. Petropoli 1877.
217. Trautvetter, E. R. von, Plantas caspio-caucasicas, a Dre. G. Radde et A. Becker anno 1876 lectas. (Acta horti Petropolit. T. V. 1878. Fasc. II.)
218. Turczaninow, N., Catalogus plantarum in regionibus Baicalensibus et in Dahuria sponte crescentium. (Bull. de la Soc. Imp. des Natur. de Moscou. 1838. Nr. 1.)
219. Uechtritz, R. v., Resultate der Durchforschung der schlesischen Phanerogamenflora im Jahre 1881. (59. Jahresber. der Schles. Gesellsch. f. vaterländ. Cultur. 1882.)
220. Upham, W., Geographic Limits of Species of Plants in the Basin of the Red River of the Nordh. (Proc. Boston Soc. of Natur. Hist. Vol. XXV. 1892.)
221. Ursprung, A., Die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstum. (Biolog. Centralbl. Bd. XXVI. 1906.)
222. Van Brunt, C., The wild flowers of the Canadian Rockies. (Bull. Torrey. Bot. Club. Vol. XXV. 1898.)
223. Van Tieghem, Ph., Sur le réseau susendodermique de la racine des Caprifoliacées. (Bull. de la Soc. Bot. de France. T. XXXIV. 1887.)
224. Van Tieghem, Ph. et Douliot, H., Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires. (Ann. d. scienc. nat. Bot. Sér. 7. T. 8. 1888.)
225. Vatke, W., Über die Gattung *Abelia* R. Br. (Oest. bot. Zeitschr. Jahrg. XXII. 1872.)
226. Voigtländer-Tetzner, W., Pflanzengeographische Beschreibung der Vegetationsformen des Brockengebietes. (Schrift. d. Naturw. Vereins d. Harzes in Wernigerode. Jahrg. 10. 1895.)

227. Waghorne, A. C., The Flora of Newfoundland and Labrador and St. Pierre et Miquelon. (Proc. and Transact. of the Nova Scot. Inst. of Scienc. Vol. IX. 1894—98. Halifax N. S. 1898.)
228. Warming, E., Über Grönlands Vegetation. (Bot. Jahrb. Bd. 10. 1889.)
229. Warnstorf, C., Zwei Tage in Havelberg und ein Ausflug nach Ostpriegnitz. (Abh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrg. 21. 1880.)
230. Watson, H. C., Cybele Britannica, or, British Plants and their geographical relations. Vol. II. London 1849.
231. Weeler, Ch. F., and Smith, E. F., Catalogue of the Planerogamous and Vascular Cyptogamous Plants of Michigan. Lansing 1881. (Ref. in Bot. Jahresber. Jahrg. 9. Abt. 2. 1881.)
232. Whitford, H. N., The Forests of the Flathead Valley, Montana. (Bot. Gaz. XXXIX. 1905.)
233. Wichura, M., Die Polarität der Knospen und Blätter. (Flora. Jahrg. 27. 1844.)
234. Wittrock, V. B., Om *Linnaea borealis* L. En jemnförande biologisk, morfologisk och anatomisk undersökning. (Bot. Notiser. 1878 och 1879.)
235. Wittrock, V. B., Beiträge zur Morphologie und Biologie der mittelschwedischen Herbstflora. (Bot. Centralbl. Bd. XIII. 1883.)
236. Wittrock, V. B., *Linnaea borealis* L. en mangformig art. (Acta hort. Berg. Bd. 4. Nr. 7. Stockholm 1907.)
237. Wünsche, O., Schulflora von Deutschland. Die Phanerogamen. 3. Aufl. Leipzig 1881.
238. Wydler, H., Morphologische Mitteilungen: 1. *Linnaea borealis*. (Flora. Jahrg. 42. 1859.)
239. Zabel, H., Wie verbreitet sich *Linnaea borealis*? (Gartenflora. Jahrg. 25. 1876.)
240. Zimmeter, A., Zur Frage der Einschleppung und Verwilderung von Pflanzen. (Oesterr. Bot. Zeitschr. Jahrg. XXXVIII. 1888.)

Tafel-Erklärung.

Tafel I.

Fig. 1 u. 2. Einjährige Fruktifikationstriebe. 1 : 1.
,, 3—5. Zweijährige Fruktifikationstriebe. 1 : 1.
,, 6. Einjähriger Assimilationstrieb. 2 : 1.
,, 7. Dreijähriger Assimilationstrieb. 2 : 1.

Tafel II.

Fig. 8. Gewebe im jungen Langtrieb: Mark, Prokambium, Perizyklus und Rinde. Querschnitt. 260 : 1.
,, 9 u. 10. Primäres Xylem (Gefäße) und Phloem. 260 : 1.
,, 11. Junger Langtrieb. Längsschnitt. 165 : 1.
,, 12. Perizyklus mitSklerenchymring und Stärkescheide. Querschnitt. 260 : 1.
,, 13. Poröse Zelle der Markkrone. 500 : 1.
,, 14. Holz (Dickenwachstum) eines 3jährigen Langtriebes. 260 : 1.

Tafel III.

Fig. 15. Metaxylem des Langtriebes mit Mark und Kambium. Längsschnitt. 325 : 1.
„ 16. Sekundäres Holz. Tang. Längsschnitt. 375 : 1.
„ 17. Proto- und Metaxylem. Einjähriger Trieb. Querschnitt. 375 : 1.
„ 18. Phloem mit Kambium, Phellogen und Periderm (Kork) eines 3jährigen Langtriebes. Querschnitt. 375 : 1.
„ 19. Junge Wurzel. Querschnitt. 125 : 1.
„ 20. Vierjährige Wurzel. Querschnitt. 125 : 1.

Tafel IV.

Fig. 21. Zweijähriger Langtrieb. Querschnitt. 60 : 1.
„ 22. Dreijähriger Langtrieb. Querschnitt. 50 : 1.
„ 23. Vierjähriger Langtrieb. Querschnitt. 50 : 1.
„ 24. Fünfjähriger Langtrieb. Querschnitt. 50 : 1.
„ 25. 17 jähriger Langtrieb (Erdstämmchen). Querschnitt. 30 : 1.
„ 26. Langtrieb mit Adventivwurzel. Querschnitt. 60 : 1.
„ 27. Hauptwurzel mit Seitenwurzel. Querschnitt. 60 : 1.

Tafel V.

Fig. 28. Junge Wurzel. Zentralzylinder mit primärem, diarchem Gefäßbündel. Querschnitt. 310 : 1.
„ 29. Einjährige Wurzel. Zentralzylinder. Querschnitt. 260 : 1.
„ 30. Vierjährige Wurzel: Phloem und Korkbildung. Querschnitt. 425 : 1.
„ 31. Sechsjährige Wurzel mit Kork. Querschnitt. 120 : 1.
„ 32. Laubblatt: Gefäßbündel des Hauptnerves. Querschnitt. 210 : 1.
„ 33. Laubblatt. Querschnitt. 210 : 1.

Tafel VI.

Fig. 34—39. Entwicklung der Blütenknospe. 10 : 1.
„ 40. Blüte in voller Anthese. Seitenansicht. 5 : 1.
„ 41. Blüte. Längsschnitt. 5 : 1.
„ 42. Blüte. Ansicht von oben. 5 : 1.
„ 43. Blüte. Oberlippe entfernt, Stellung der Antheren. Ansicht von oben. 5 : 1.
„ 44. Blüte, vorderer Teil der Krone abgeschnitten, Stellung der Antheren beim Beginn der Anthese. 5 : 1.
„ 45. Krone, mit Staubgefäßen, ausgebreitet. 5 : 1.

Tafel VII.

Fig. 46. Blütenknospen, Querschnitt: Stellung der Deckblätter, Vorblätter und Brakteen. 50 : 1.
„ 47. Fruchtknoten: Querschnitt. 40 : 1.
„ 48. Fruchtknoten: Fertiles Fach. Längsschnitt. 40 : 1.
„ 49. Fruchtknoten: Sterile Fächer. Längsschnitt. 40 : 1.
„ 50. Borstenhaar einer Braktee. 200 : 1.
„ 51. Borstenhaar vom Blattstiel. 125 : 1.
„ 52. Kopfdrüsenhaar einer Braktee der Blüte. 200 : 1.

Fig. 53. Kopfdrüsenhaar einer Fruchtbraktee. 200 : 1.
,, 54. Fertile Samenanlage mit Archespor. 200 : 1.
,, 55. Fertile Samenanlage mit Makrosporenmutterzelle (= Archespor). 200 : 1.
,, 56. Fertile Samenanlage mit 4 Makrosporen. 200 : 1.
,, 57. Junges Staubgefäß, Längsschnitt. 100 : 1.
,, 58. Reifes Pollenkorn. 300 : 1.
,, 59. Pollenkorn mit Austrittspalte. 300 : 1.
,, 60. Pollenkorn mit kurzem Pollenschlauch. 300 : 1.
,, 61. Diagramm eines Blütenstandes.

Tafel VIII.

Fig. 62. Anthere mitPollenmutterzellen undTapetenschicht. Längsschnitt. 325: 1.
,, 63. Pollenmutterzelle nach der 1. Kernteilung (2 Kerne). 600 : 1.
,, 64. Pollenmutterzelle nach der 2. Kernteilung (Kerntetrade). 600 : 1.
,, 65—67. Entwicklung der Pollentetrade. 600 : 1.
,, 68. Einkerniges Pollenkorn. 600 : 1.
,, 69. Zweikerniges Pollenkorn (vegetat. und generat. Kern). 600 : 1.
,, 70. Dreikerniges Pollenkorn (1 veget. Kern und 2 Spermakerne). 600 : 1.
,, 71—72. Befruchtung der Eizelle. Eikern mit Chromidien, Pollenschlauch und Spermakern. 601 : 1.
,, 73. Doppelbefruchtung. Spermakerne bei Eizelle und sek. Embryosackkern. 600 : 1.
,, 74. Doppelbefruchtung: Oberer Spermakern am Eikern, unterer Spermakern auf dem Wege zum sek. Embryosackkern. 600 : 1.
,, 75. Befruchtung des Eikerns, Spermakern, Chromidien. Teilung des befruchteten Endospermkerns. 600 : 1.

Tafel IX.

Entwicklung des fertilen Embryosacks. 500 : 1.
Fig. 76 u. 77. Archespor (auch Makrosporenmutterzelle).
,, 78. 4 Makrosporen (Tetraden), unterste davon: Embryosackmutterzelle.
,, 79. Einkerniger Embryosack mit Überresten der 3 obern Makrosporen.
,, 80. Zweikerniger Embryosack.
,, 81. Vierkerniger Embryosack.
,, 82. Achtkerniger Embryosack.
,, 83 u. 84. Embryosack mit Eiapparat, Antipoden und Polkernen.
,, 85. Eiapparat (Synergide) mit den 2 Polkernen.
,, 86. Eiapparat mit sek. Embryosackkern.
,, 87. Tapetenschicht bei einkernigem Embryosack.

Tafel X.

Fig. 88—90. Makrosporenbildung in steriler Samenanlage. 500 : 1.
,, 91. Vierkerniger, steriler Embryosack (Tetrade). 500 : 1.
,, 92. Steriler Embryosack: Eiapparat, 2 Antipoden mit sek. Embryosackkern. 500 : 1.
,, 93. Steriler Embryosack mit Eizelle, 2 Polkernen und 3 Antipoden. 310 : 1.
,, 94 u. 95. Befruchtung des sekundären Embryosackkerns. 500 : 1.
,, 96 u. 97. Befruchtung der Eizelle, freie Endospermkerne. 500 : 1.
,, 98. Eikern nach der Befruchtung, mit 1 freiem Endospermkern. 500 : 1.
,, 99. Narbenpapillen. 125 : 1.

Tafel XI.

Fig. 100. Befruchtete Eizelle mit Endospermzellen. 375 : 1.
,, 101. Vierzelliger Proembryo. 200 : 1.
,, 102 u. 103. Weitere Entwicklung des Embryo. 200 : 1.
,, 104. Epidermis des Kronblattes. 200 : 1.
,, 105. Nektarium, Längsschnitt. 200 : 1.
,, 106. Laubblatt. 6 : 1.
,, 107. Kurzgestieltes Kopfdrüsenhaar vom Blatt. 300 : 1.
,, 108. Langgestieltes Kopfdrüsenhaar vom Blütenstiel. 300 : 1.
,, 109. Fruchtwandung. Längsschnitt. 200 : 1.
,, 110. Samenschale mit Endospermzellen. 300 : 1.
,, 111. Frucht. Längsschnitt. 20 : 1.

Hüte aus Pflanzenstoffen.

Von

Dr. Carl Curt Hosséus, Berchtesgaden.

Mit 7 Abbildungen im Text.

Die Anregung zu folgender Abhandlung erhielt ich bei der Verarbeitung des überaus reichhaltigen botanischen Materials in den königlichen Museen der Kew Gardens bei London. Liegen die Schätze dort botanisch schon kaum ausgenutzt, so sind sie ethnographisch überhaupt noch niemals bearbeitet. Damit beschäftigt, die aus Bambus verfertigten Gegenstände für eine größere Arbeit zu beschreiben, fand ich, daß das untersuchte Material mir keinen genügenden Einblick in die Einteilung der verschiedenen Hut-Typen bot. Ich untersuchte deshalb alle aus Pflanzenstoffen hergestellte Hüte in Kew. Einen Teil der Beobachtungen möchte ich nun hier publizieren, beschränke mich dabei aber auf die Familien der Palmen und Gräser. Außerdem berücksichtige ich nur das Material der Kew-Museen. Alle anderen Kopfbedeckungen, wie Turbane, Mützen oder nicht aus Pflanzenstoffen hergestellte Hüte, werden nicht erwähnt. Der Name des Sammlers ist fast immer angeführt und durch ein ! hinter dem Namen gekennzeichnet.

Für die überaus liebenswürdige persönliche Aufnahme und die Erlaubnis, die Museen nach Belieben benützen zu können, sei auch an dieser Stelle Herrn Leutnant-Colonel Prain sowie den Herren des Kew-Museums mein verbindlichster Dank ausgesprochen.

Auf Grund des von mir untersuchten Materiales möchte ich die Hüte, bevor ich auf ihre Beschreibung und die Pflanzen, aus denen sie in den verschiedenen Ländern hergestellt wurden und werden, eingehe, in zwei Hauptgruppen einteilen:

I. solche ohne ein Innengestell;
II. solche mit einem Innengestell.

Zwischen beiden gibt es Übergangsformen, die entweder aus einer ganz einfachen oder schlechten Arbeit entstanden sind oder bei denen die Trennung in einen Kopf und einen Rand mit späterem schlechten Einfügen in den ersteren den Eindruck eines in Wirklichkeit nicht vorhandenen Innengestelles hervorruft.

Beide Hauptgruppen lassen sich wieder in zwei große Unterabteilungen zergliedern:

a) Formen ohne ausgesprochenen Rand;
   1. runde, niedere Formen,
   2. hohe Formen.

b) Formen mit ausgesprochenem Rande;
   1. runde Formen,
   2. Zylinderformen,
   3. spitzzulaufende, kegelförmige Gebilde.

Zwischenformen — zumeist auf unregelmäßiges, unpünktliches Flechten zurückzuführen — findet man auch hier häufig.

Bei allen Hüten kann man außerdem noch solche unterscheiden:

α) mit Tragvorrichtung oder Tragbändern;
β) ohne Tragvorrichtung oder Tragbänder.

Sekundäre Verzierungen, so die Bänder bei modernen Herren-Strohhüten oder Pfau-, Hähne-, Adlerfedern, Gemsbärte usw. sind verhältnismäßig selten.

Wenn ich jetzt zum speziellen Teil übergehe, so möchte ich noch vorausschicken, daß die Pflanzen, aus denen die folgenden Hüte hergestellt sind, nach dem System der „Natürlichen Pflanzenfamilien" von Engler-Prantl eingeteilt und — wenn möglich — immer Gattung und Spezies angeführt sind.

Wir kommen zuerst zu den Gräsern (*Gramineae*). Hier finden wir in dem Tribus der Andropogoneen aus *Saccharum officinarum* L. („sugar cane", unserem Zuckerrohr) auf Tahiti Hüte hergestellt. Der dort allgemein übliche Name für das Zuckerrohr ist *Araudo saccharifera* To. Die Form dieser Eingeborenen-Hüte gleicht unseren gewöhnlichen Herren-Strohhüten. Die Länge ist 36 cm, die Breite 32 cm, die Höhe des ovalen Kopfes 8 cm. Als Band dient ein zopfförmiges Zuckerrohrgewinde, das an einer Seite eine Schleife trägt.

Aus dem gleichen Material werden Hüte auf Samoa verfertigt, von denen allerdings keine ganzen Exemplare in Kew sind, sondern nur Teile des Geflechtes (Powell!).

In Spanien, Portugal, auf den Balearen und an der afrikanischen Nordküste wird ein Gras aus dem gleichen Tribus der *Andropogoneen, Macrochloa tenacissima* Kth. zur Herstellung einer Menge Gebrauchsgegenstände, so zu Körben, Matten aller Art usw. benützt. Auch Hüte werden von *Macrochloa* sehr häufig gemacht. Ihre Form ist insofern von den meisten anderen abweichend, als wir hier einen Rand haben, der an den Seiten so hoch aufgebogen ist, daß er die Höhe des inneren Kopfes erreicht. Der Durchschnitt des Hutes ist 29 cm, die Höhe 8,9 cm, der Durchschnitt innen 19 cm, außen 13 cm. Der vordere Teil ist künstlich verziert (Fig. 1).

Aus der Unterabteilung der *Festuceen* finden wir in Northhumberland (England) Hüte von *Cynosurus cristatus* Linn., deren einer von einem Schafhirten stammt (by a shepherd on the

moors near Wallington." Trevelyan!). Die Exemplare fallen durch ihre Höhe — 16 cm — und ihren verhältnismäßig schmalen geraden Rand — $6^1/_2$ cm — auf. Die einzelnen, braungelben Halme sind mit Garn zusammengenäht. Der Hut wird ohne Band und ohne Traggurt getragen (Fig. 2).

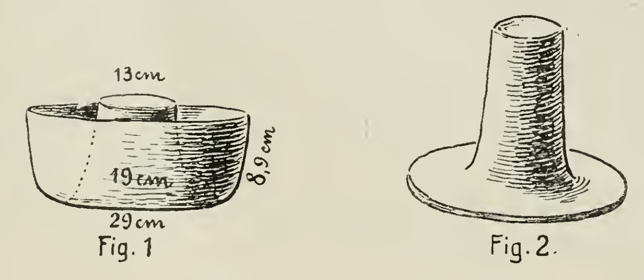


Fig. 1 Fig. 2.

Die Hüte auf Dominica werden zum Teil aus den Blättern von *Gynerium saccharoides* H. u. Bonp. (aus dem gleichen Tripus) geflochten. Sie sind äußerst leicht und werden zumeist mit abwärts gebogener Krempe getragen. Ihr Durchmesser ist 38 cm, der Rand 11 cm, die Höhe 7 cm. Zum Zusammennähen der einzelnen gespaltenen Halme dient Garn (Nicholls!).

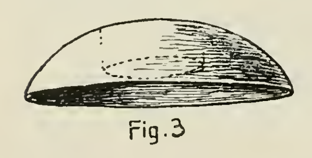
Ebenfalls in Westindien in Monagas (Rio Casiquare) wird eine zweite Art Hüte aus dem gleichen Materiale hergestellt. Hier ist die Kopfform bedeutend höher — 11 cm —, bei einem Durchmesser von 37 cm und einem Rand von nur 9 cm. Die Ränder sind aufwärts gebogen und die einzelnen Halmschichten bedeutend breiter, ca. 3 cm (Spruce!).

Eine große Rolle in der Hutfabrikation spielt der Tribus der Hordeen, zu denen unsere bekanntesten Getreide wie Weizen, Roggen, Gerste gehören. So werden die Hüte in Kensington (England) aus *Triticum tenax*, dem zähen Weizen, hergestellt; sie zeichnen sich durch ihre Größe von 60 cm aus. Der niedere, 7 cm hohe, oben abgeflachte Kopf verschwindet ganz gegenüber dem breiten Rand. Diese Hüte werden auch für Seezwecke benützt und zu diesem Zweck mit einem wasserdichten Tuch überzogen. Auf solche Weise präpariert leisten sie dem Seemann gar treffliche Dienste (Haines!).

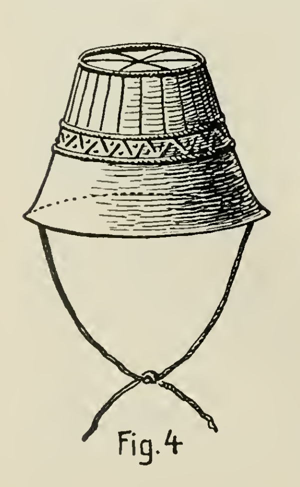
Aber auch außerhalb Englands spielt *Triticum vulgare* (var. *aestivum*) in der Herstellung von Strohhüten eine große Rolle. So werden von Japan und China selbst ganze Schiffsladungen mit Lagen oder Schichten von geflochtenem Stroh nach Europa importiert. In Portugal verfertigen die Gefangenen u. a. Strohhüte von 7 cm Höhe und mit 5 cm breitem Rande. Besonders bedeutend aber ist die weltbekannte Fabrikation von Strohhüten in Oberitalien; so werden in Florenz alle erdenklichen Moden und Arten erdacht, sie sind fast alle aus *Triticum vulgare* (var. *aestivum*) oder *Triticum sativum* var. *aestivum* hergestellt. Von den verschiedensten Formen dieser „Florentiner" befinden sich Belegexemplare in den Museen von Kew.

Weit verbreitet ist die Verwertung des Tribus der *Bambuseen* als Pflanzenstoff zur Herstellung von Hüten. Die gespaltenen Stücke von *Bambusa arundinacea,* Retz werden auf Java hierfür verarbeitet. Auch hier ähnelt die Form wieder unseren modernen Strohhüten; sie sind 35 cm im Durchmesser breit, bei einer Kopfweite von 16 cm Durchmesser und 12 cm Höhe. Die Ränder sind an den Seiten aufwärts gebogen (Henshall! N. 2). Auf den Philippinen ist eine etwas niederere Hutform häufig, mit gelblich-weißer Farbe zum Unterschied zu den braunen der Javaner (Maße: 35 cm breit, 16 cm Kopfweite im Durchmesser, 7,5 cm Höhe). Das Original im Kew-Museum II stammt aus Balinag, auf der Insel Luzon. Die Angabe lautet nur *Bambusa* sp. („Canna fibre"). Eine genauere Bestimmung war mir nicht möglich (Vidal! im Jahre 1886 gesammelt).

In Japan finden wir die typischste Form für das oben aufgestellte Schema, und zwar für II; a, 1; β. Es sind halbrunde, einfache Hüte aus Bambus mit 39 cm Durchmesser und 10 cm Höhe. Im Innern sitzt das 9 cm hohe, 18 cm breite Gestell auf einer Papierunterlage auf. Ein doppelter Bambusring ist durch 4 Träger gegenseitig verbunden, das ganze aus *Bambusa arundinacea* Retz hergestellt.


Fig. 3

Über die Bambushüte des Indischen Archipels, Bally-Inseln finden wir eine interessante Angabe von Henshall! im Kew-Museum II unter der Überschrift: „Tudong or Chapel". „Hats plaited with strips of Bamboo. Each hat represents the manufacture of a separate district. They are all double the covering being made from the smooth outer surface of the bamboo, and the lining from the rough inner part." Die Form des Hutes der Bally-Inseln ist pyramidal zugespitzt, 22 cm vom Rande zur Spitze bei 32 cm Durchmesser. An vier Seiten gehen ornamentale Verzierungen in schwarz, rot und braun (Naturfarbe des alten Bambus) zur Spitze, die durch ein kleines Geflecht geschmückt ist. Die Hüte von den einzelnen Inseln und Distrikten unterscheiden sich nun durch die verschieden ausgeführten Verzierungen, während die sonstige Form ziemlich gleich bleibt.


Fig. 4

Äußerst originell ist der Nationalhut der Lepcha in Indien. Das Innengestell ist aus Bambus geflochten, darüber sind die Blätter einer Scitaminee gebreitet, während der äußere Teil sehr künstlerisch und ornamental in drei Teilen aus Bambus geflochten ist. Der mittlere Absatz ist mit einer Anzahl Glimmerplatten (Marienglas)

belegt. Die rote Farbe überwiegt, nur oben sind sechs blaue Schnüre; der Hut ist durch eine ebenfalls blaue, dünne Schnur an beiden Seiten innen zum Tragen eingerichtet. Der Hut ist 13 cm hoch, 21 cm im Durchmesser, der abwärtsgehende Rand ist kaum 1 cm breit. Die Front zieren vier Pfaufedern (Typus für I; b, 1; *a*) (Hooker!) (Fig. 4).

Sonnen-Hüte aus *Bambus* und *Rotang* (von einer kletternden Palme stammend) verfertigt, finden wir bei den Dusan in N.-W.-Borneo. Die in der Mitte schwarz und rot bemalten Hüte sind unbedeutend gewölbt und auch im Zentrum fast gar nicht erhöht (Burbidge!).

Von den allgemein gebräuchlichen Formen weichen die im nördlichen Formosa üblichen Hüte insofern ab, als hier auf dem Bambusgeflecht die breiten Blattscheiden der Bambusen lose aufsitzen, am unteren Rand nur von einem Bambusring gehalten. Dieser Hut ist in der Mitte erhöht (18 cm hoch), die Blattscheiden sind zugespitzt. Der Durchmesser am Hutrand ist 38 cm (Watters!).

Die chinesischen Kulis in Shanghai tragen 49 cm breite Hüte, die äußerst einfach, also weitmaschig und nur in der Mitte erhöht sind (16 cm). Zwischen dem Geflecht sitzen dann die Blattscheiden von Bambusa (Home!).

Im Gegensatz zu dem bereits erwähnten, kleinen Nationalhut des Stammes der Lepcha in Indien haben diese noch einen sehr großen Sommer- und Sonnenhut von 80 cm Durchmesser, dem in der Mitte ein verhältnismäßig kleiner Kopf mit einem Gestell von 10 cm Höhe aufsitzt. In das äußere Bambusgestell sind die Blätter von Phrynium eingeflochten (Hooker!).

Die Hüte der Schan in Hinterindien sind zum Teil aus Bambus verfertigt. Sie sind 55 cm im Durchmesser und 25 cm hoch, dem gewölbten Hauptteil sitzt in der Mitte ein pyramidenförmiger Kopf auf. Eine ziemlich lange Schnur ermöglicht ein Tragen der Hüte in der Hand und über die Schulter oder ein Hängen über die Achseln. Die von Garrett! gesammelten Exemplare stammen von Me Hong Sawn, am siamesischen Salwin-Flusse. H. J. Wehrli[1]) (Taf. VIII, Fig. 13) hat sie für den Schan-Markt in Hsipaw in Britisch Oberbirma abgebildet. „In den Shan-Staaten bilden das Verfertigen von großen Hüten (vgl. Bild 13) aus den pergamentartigen Blattscheiden des Bambus und die Papierfabrikation verbreitete Beschäftigungen.“ Hierzu führte ich an anderer Stelle aus[2]): „Auch die Hüte, vor allem die der Schan, haben sehr oft ein Gestell aus Bambusstäben, denen äußerst zierlich Rotangteile eingeflochten sind.“ Die Verbreitung der Schanhüte reicht über die

[1]) Wehrli, Hans J., „Zur Wirtschafts- und Siedelungs-Geographie von Ober-Burma.“ (Wiss. Beil. z. Jahresb. d. Geogr. Ethnogr. Gesellsch. Zürich 1905/06 p. 102.)

[2]) Hosseus, Carl Curt, „Die Bedeutung der Bambusstaude auf Grund eigener Studien in Siam“. (Arch. f. Anthropol. 1911, p. 67.)

Stammesgrenzen der birmanischen und siamesischen Schanstaaten hinaus — infolge des hausierenden Berufes ihrer Verfertiger. Die Hüte werden von Frauen wie von Männern getragen (Typus für II; b, 3; *a*).

Eine weitere Form mit Innengestell finden wir auf Celebes. Der ziemlich flache, 50 cm im Durchmesser, breite Hut hat in der Mitte ein dem Kopf aufsitzendes Bambusgeflecht von 18 cm Durchmesser (Henshall!). Ebenso sind von Hooker! aus Sikkim gesandte Hüte mit einem 18 cm Durchmesser breiten Bambusgeflecht versehen. Der Durchmesser ist 47 cm, der Kopf oben eiförmig gewölbt und anders geflochten als der Rand. Der äußere Teil besteht aus rot bemalten und natürlich braungefärbten Bambusstücken. Die oberste Spitze krönt eine Pfaufeder.

Wir wenden uns jetzt den Palmen zu, und zwar zuerst den *Phoeniceen*. Die berühmte Dattelpalme, *Phoenix dactylifera* Linn., die uns die treffliche Dattelfrucht liefert, deren hoher Nährwert leider noch immer nicht genügend gewürdigt wird, wird von den Beduinen-Frauen zur Herstellung von Hüten aus den Palmblättern benützt. Der von Bent! in Hadramut gesammelte Hut hat die kolossale Höhe von 31 cm, bei einem Durchmesser von 44 cm. Dabei ist er aus zwei Stücken — getrennter Kopf und Rand — verfertigt, so daß wir sehr oft das Kopfstück innen herausragen sehen, wodurch der Eindruck und die Wirkung eines nicht vorhandenen Kopfgestelles erzielt wird. Dieses ist aber um so überflüssiger, als der Kopf des Hutes nach unten hin enger wird, also einer bischöflichen Mitra, die aber bekanntlich keinen Rand hat, gleicht. Der Gipfel ist flach und 2 cm, die Mitte des Kopfes $18^1/_2$, das unterste Stück $15^1/_2$ cm im Durchmesser breit.

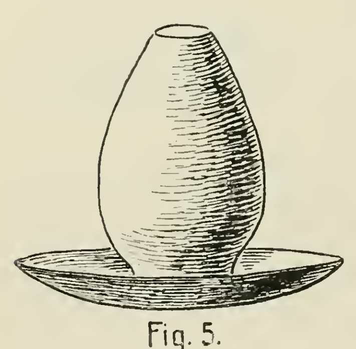


Fig. 5.

Nach China führt uns die nächste Hut-Facon, und zwar in die Regenperiode. Nach Fortune[1]) tragen die Chinesen spezielle „Rain cloak" oder „Hemp pain". Die Hüte, sowie die havelockförmigen Überröcke sind aus dem faserigen Teil der Basis der Blätter von *Trachycarpus excelsa* Wendl. (Syn. *Trachycarpus Fortunei* Wendl., aus dem Tribus der *Sabaleen*) verfertigt. Die dunkelbraunen Hüte, deren Rand ungeflochten ist, sind 77—80 cm im Durchmesser, der ungeflochtene Rand 16—17 cm. Die Höhe des gewölbten Kopfes, der spitz ausläuft und von einem faserigen



Fig. 6.

[1]) Fortune, „Residence among the Chinese." p. 145.

Palmbusch gekrönt ist, beträgt 19 cm. In dem Inneren befindet sich ein ca. 3 cm hohes geflochtenes Kopfgestell aus Rotang, so daß der Hut dem Typus II; b, 3; *a* angehört. An beiden Seiten in der Mitte des Innern sind Palm-Stricke, an denen der Hut aufgehängt oder getragen werden kann (Fortune!).

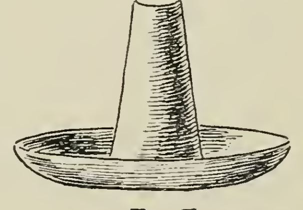
Äußerst leicht sind die Hüte von den Blättern der zum gleichen Tribus gehörigen „Caranauba"-Palme, *Copernicia cerifera* Humb., die bekanntlich das vegetabilische Wachs für Brasilien liefert. Die aus Bahia stammenden Hüte werden im allgemeinen vorn und rückwärts aufgekrempt getragen und haben 37 cm im Durchmesser, 9 cm Kopfhöhe und einen 10 cm breiten Rand (Wetherell!).

In Neu-Süd-Wales benützt man die Blätter einer anderen Gattung dieses Tribus, von *Livistona australis* Mart., dem „Cabbage tree". Diese werden zuerst gekocht, dann getrocknet und am Schluß gebleicht. Die Hüte sind sehr engmaschig und kräftig, aber auch nicht leicht. Die Maße sind 32,5 cm im Durchmesser, 11 cm hoch, 8 cm breiter Rand. Den Hut ziert ein schmales Band aus gleichem Stoff, das an einer Seite in eine Schleife gebunden ist (Technological Museum, Sydney 1891).

Aus den Blättern der Palme, *Thrinax argentea* Lodd., werden eine große Anzahl Hüte in Havanna auf Cuba gemacht. Die gespaltenen Blätter werden sogar auch nach Europa ausgeführt und z. B. in Norfolk (England) aus ihnen moderne, sehr elegante Hüte hergestellt. Von derselben Palme werden auch in Britisch Honduras und den anderen Staaten bis nach Brasilien die Hüte bereitet. So liegt im Kew-Museum ein ziemlich hoher Kinderhut aus Brasilien.

Auf Sizilien werden aus den Blättern der sogenannten „Fan"-Palme (Fächer-Palme), *Chamaerops humilis* Linn. (Zwerg-Palme) nach Professor Parlatore! ebenfalls Hüte verfertigt. Die Farbe derselben ist schmutzig-gelb. Sie haben nur 28 cm im Durchmesser und einen sehr niederen Kopf. Die einzelnen Blätter sind nicht fein gespalten, so daß die Hüte einen rohen und groben Eindruck machen.

Im Gegensatz hierzu zeichnen sich die Araber-Hüte, aus den Blättern der gleichen Zwergpalme hergestellt, durch ihren turmartigen Kopfaufbau aus. Auch die schmutzig-gelbe Farbe verliert sich bei den schmäler geschnittenen Geflechte mehr. Die Breite der Hüte ist 58 cm, die Höhe 28 cm. Die Ränder sind leicht aufwärts gebogen (Manby!).


Fig. 7.

Noch eleganter in der Farbe und im Geflecht wirkt der reichverzierte Hut der Marokkaner in Tanger, den dort die Frauen verfertigen. Seine Breite ist 6,2 cm, seine Höhe 18 cm. Auch hier

sind die Ränder, die mit aufwärts gestellten Troddeln verziert sind, einige Zentimeter nach oben gebogen. An vier Seiten befinden sich zwei Schnüre, die von dem ebenen Teil des Randes bis unterhalb der Spitze des gewölbten Hutkopfes gehen (Maw!).

Die spanischen Hüte aus Malaga von der *Chamaerops*-Palme sind zum Teil breitrandig und nieder (26 cm im Durchmesser). Die Ausführung der Arbeiten ist weniger schön und geschmackvoll als die ihrer Nachbarn auf der afrikanischen Küste.

Die nächsten drei Palmen, die Hüte liefern, gehören zur Unterfamilie der *Borassoideen* und dem Tribus der *Borasseen*. Aus den Blättern der Fächer-Palme, *Hyphaene* sp., macht man in Natal Hüte, die vorn herunter und hinten hinaufgebogen sind. Die Maße sind 43 cm im Durchmesser, 10 cm Höhe. Das Geflecht ist in W-Form hergestellt.

Auf den Seychellen werden von den geteilten Blättern der sogenannten „Coco de Mer"-Palme, *Lodoicea Sechellarum* Lab., die die riesengroßen maldivischen Nüsse liefert, Herren- wie Damenhüte verfertigt. Erstere findet man auch häufig in Europa eingeführt. Sie sind im allgemeinen weniger fest als die Strohhüte.

Von Indien leider ohne genaue Angabe stammt ein sehr interessanter Hut, aus den Blättern von *Borassus flabelliformis*, der Palmyra-Palme (die außerdem den vorzüglichen Palmwein spendet) und Bambusstücken hergestellt. Das Exemplar weist einen nur minimal gewölbten Deckel (Hut) auf, bei 7 cm Höhe, einen Durchmesser von 68 cm! Im Innern sitzt in der Mitte das dichte, 16 cm lange, 18 cm breite Kopfgestell auf. Wir haben also hier einen Hut vor uns, dessen inneres Kopfgestell höher ist als der Hut selbst. Das Bambusgeflecht ist innen angebracht, so daß die Blatteile von *Borassus flabelliformis* Linn. diesen aufsitzen (Major Quentin!).

Die Bewohner von Madagaskar verfertigen aus den Blättern der Palme *Raphia pedunculata* aus dem Tribus der *Metroxyleen* eine große Anzahl verschieden geformter Hüte, die auch im europäischen Handel sehr beliebt sind. Außerdem werden diese auch aus den Fasern der Palme in Europa selbst fabriziert, so vor allem in Wohlen in der Schweiz (Firma Paul Walser u. Co.!). Die *Raphia*-Teile werden vor allem für Frauen-Hüte verwendet.

Die berühmten Manila-Hüte werden aus den gespaltenen Stämmen einer kletternden Palme, einer *Calamus*-Art, aus der Unterfamilie der *Lepidocaryoideen* und dem Tribus der *Metroxyleen* gemacht. Von oben besehen sieht das Gebilde wie ein Schneckenhaus aus. Die Hüte stammen aus dem Jahre 1879, haben also eine altmodische, hohe, breite Kopfform.

Die Eingeborenen von Borneo tragen ebenfalls Hüte aus *Rotang* (*Calamus* sp.), die 35 cm im Durchmesser bei 7 cm Höhe aufweisen. Das von Motley! gesammelte Exemplar

ist durch sein Alter, es stammt vom Jahre 1859, interessant. Desgleichen sind die Militär-Tropenhelme vom Jahre 1867, in den britischen Kolonien getragen, aus *Calamus* verfertigt. Die Länge war 28 cm, die Breite 21 cm, die Höhe 21,5 cm. Die Spitze krönte eine von einer Seite nach oben gehende *Calamus*-Raupe, ähnlich den früher in Bayern üblichen Raupenhelmen.

Ich möchte diese kurzen Ausführungen nicht schließen, ohne darauf hinzuweisen, daß ich für alle Angaben, die sich auf den Zusammenhang zwischen Hüten und Pflanzenstoffen beziehen, äußerst dankbar bin.

Die Beziehungen zwischen Tabaschir, Bambus-Manna oder Bambus-Zucker und dem Σάκχαρον der Griechen.

Von

Dr. Carl Curt Hosséus, Berchtesgaden.

Wie bei wenigen anderen Pflanzenprodukten haben die Ansichten über das „Tabaschir" und das „Σάκχαρον" der alten Griechen (oder das „Saccharum" der Römer) seit vielen Jahrhunderten nicht nur die Gelehrten, sondern die gesamte gebildete Welt beschäftigt. Desto mehr muß es uns wundern, daß sie im Laufe der Zeit nicht geklärt, sondern wieder und wieder verwirrt wurden. Wenn wir uns nach den Gründen dieser merkwürdigen Erscheinung fragen, so müssen wir gestehen, daß daran die betreffenden Autoren Schuld tragen, die — ohne die Originalstellen bei den früheren Schriftstellern nachzuschlagen — die Ansichten des gelesensten oder berühmtesten Vorgängers übernahmen, auf Grund dessen unrichtiger Angaben selbst neue Thesen aufstellten, oder gar willkürlich, nicht mißzuverstehende Literaturangaben für ihre eigenen Hypothesen verwerteten.

So kommen selbst in dem sonst so vortrefflichen Werk von L. Reinhardt: „Kulturgeschichte der Nutzpflanzen" eine Reihe Ungenauigkeiten über das „Tabaschir" und über den Zusammenhang dieses asiatischen Heilmittels mit dem Σάκχαρον der Griechen und dem Saccharum der Römer vor. Die Fehler häufen sich aber in dem noch im Erscheinen begriffenen „Handbuch der Pharmakognosie" von A. Tschirch.

Bevor ich dessen Anschauung in ihrem Wortlaut wiedergebe, möchte ich kurz die strittigen Begriffe erläutern. Wir werden in unseren Ausführungen hauptsächlich drei Worte immer wieder finden, um deren Entstehung, historisches Vorkommen und medizinische Verwendung es sich hier handelt:

„Tabaschir", „Manna" (in fraglicher Anwendung für die Bambuseen) und „Σάκχαρον" der Griechen (resp. „Saccharum" der Römer).

Aus welchen Pflanzen werden die beiden ersteren Produkte gewonnen und wie verhält sich hierzu das letztere?

„Tabaschir“ ist von alters her in dem Innern der baumartigen Gräser, einem Subtribus der Gramineen, nämlich den Bambuseen — in einigen Arten besonders häufig — gefunden worden. Das Gerüst der Bambuseen ist kieselsäurehaltig. Es handelt sich also bei Tabaschir um eine Kieselsäureabscheidung in dem Innern der Stämme, in den Höhlungen der Internodien, zumeist an beiden Seiten der Wände. Seine weiteren Eigenschaften, sowie seine große Bedeutung in der asiatischen Medizin werden wir noch später genauer kennen lernen.

„Manna“ ist im Gegensatz hierzu eine von außen, gewöhnlich durch Wundreiz — zufällig oder künstlich — hervorgerufene Ausscheidung bei einer größeren Anzahl Pflanzen, speziell Bäumen. Wie schon der Name sagt, enthält es eine mehr oder weniger große Menge von Mannit — natürlich nach Manna so benannt —, einem Zuckeralkohol. Am bekanntesten ist seine Gewinnung von *Fraxinus panniculata* Mill., einer in Südeuropa heimischen Esche. Diese wird vor allem an der Küste von Sizilien in Kulturen angepflanzt. Außer der Esche liefern noch eine Anzahl anderer Pflanzen Manna. Woher das in der Bibel erwähnte „Manna“ stammte, läßt sich nicht mit voller Sicherheit angeben. Daß man die aus Bambus ausgeschiedene zuckerhaltige Substanz, die uns noch des weiteren beschäftigen wird, zu den Manna-Arten rechnen kann, glaube ich nicht, da sie nach Hooper und Sir George Watt **kein** Mannit enthält.

Das Wort „*Σάκχαρον*“ der Griechen, **Saccharum** der Römer hat insofern zu den beiden Produkten Beziehung, als man diesen Namen teils für die Stammpflanze des Tabaschir, teils für die des „Bambus-Manna“ neben einer Anzahl anderer Lesarten in Anspruch nahm. In der botanischen Nomenclatur versteht man darunter bekanntlich den Gattungsnamen für das „Zuckerrohr“ (*Saccharum officinarum* L.).

In dieser Abhandlung habe ich zur Klärung der Tatsachen eine größere Anzahl der wichtigsten Literaturangaben wiedergegeben, um so jedem, der sich für die Fragen interessiert, auf Grund des im allgemeinen selten zugänglichen Materiales die Möglichkeit zu geben, sich zu überzeugen, daß und ob die von mir am Schluß zusammengefaßten Ansichten richtig sind. Wenngleich ich in der Bibliothek des Kew-Herbariums noch eine große Anzahl anderer Werke durchgearbeitet habe, ergaben diese keine wichtigeren, die Sachlage verändernden Tatsachen, so daß im Interesse der Arrondierung der Arbeit auf ihre Wiedergabe verzichtet werden mußte.

Das modernste und am weitesten von allen allgemein üblichen Ansichten abweichende Buch ist Tschirch's: „Handbuch der Pharmakognosie“ Bd. II. pp. 132, 133, in dem seine Verfasser zwei Arten von Tabaschir unterscheiden:

„I. Tabaschir (I) findet sich an der Oberfläche der Halme einiger indischer Bambusarten, besonders bei **Bambusa stricta** Roxb. (*Dendrocalamus strictus* Nees), die in Zentral- und Südindien heimisch ist, in Form von stalaktitenähnlichen, gegen

den Halm hin abgespaltenen weißen oder hellbräunlichen Stücken, die sich leicht und vollständig im gleichen Gewichte Wasser lösen und fast vollständig aus Rohrzucker bestehen (Hooper), jedenfalls nur wenig reduzierenden Zucker enthalten. Die Asche beträgt 0,96 %. Nur 0,77 % einer Fehlingschen Lösung reduzierenden Substanz ließen sich nachweisen.

Dies Tabaschir ist wohl (auch nach Lippmann) das σάκχαρον des Dioskurides, das er „Honig des Zuckerrohrs" nennt und als durch Ausscheidung entstanden und dem Salze ähnlich beschreibt. Es war ein Handelsartikel der Westküste Indiens, besonders von Thana, wo es Edrisi (1135) traf. Ebenso kennt es Ibn Sina, die Zolliste von Aden (I, S. 699) und Garcia da Orta (I, S. 736). Es wird noch jetzt in der orientalischen Medizin benützt, ist aber selten geworden. Auch die Pharmac. persica von 1681 (I, S. 808) führt dies Tabaschir auf.

II. Ein anderes Tabaschir (II) kommt im Innern der Halme der Bambusen vor. Es wird schon von Ibn Baithar bestimmt von dem oben beschriebenen unterschieden. Es besteht fast ganz oder zum größten Teil aus Kieselsäure und Silikaten. Fourcroy und Vauquelin fanden darin 70 %, Ince 86, 39—91, 69 %, Rost van Tonningen 86, 38 %, Thomson 90, 5 %, Guibourt 97, 39 %, Kieselsäure, daneben Kalk, Kali, Natrium. Es enthält aber auch 4, 25 % Rohrzucker neben 2,6 % Schleim (Ebert).

Die Beziehungen der beiden Tabaschire können wir uns so denken, daß ursprünglich in das (?) Innere der Halme ein Gemisch von Silikaten und Zucker abgeschieden wurde, die zunächst in wässriger Lösung sich befanden. (Ich habe beim Anschneiden von Bambushalmen in Java oft im Innern eine beträchtliche Menge einer wässerigen Flüssigkeit gefunden.) Dann dialysierte besonders an den Knoten der kristallinische Zucker durch die Halmwand nach außen, wo er nur in der Trockenheit sich erhielt und auskristallisierte, in der Regenzeit aber abgewaschen wurde und in der Höhle der Internodien blieb eine zuckerarme Lösung zurück, die die amorphen, kolloidalen Substanzen (Schleim und Silikate) enthielt (Ebert). Diese gab dann beim Eintrocknen das Tabaschir II. Das würde erklären, daß Tabaschir I seltener ist. (Kobus, der auf Lippmanns Ersuchen vor einigen Jahren den Sachverhalt untersuchte, fand obige Theorie in Java nicht bestätigt.) Auch das Tabaschir II wird noch jetzt arzneilich benützt. Aus der Literatur, mit Ausnahme der analytischen, ist selten klar ersichtlich, welches der beiden gemeint ist.

So würden denn Salmasius und Humboldt recht haben, die (entgegen der Meinung Pereiras) meinten, daß das σάκχαρον der Griechen der „Saft des Bambusrohres" gewesen sei (vgl. auch Pereiras Handbuch II S. 26)."

Diesem Abschnitt im Werk von A. Tschirch folgen noch einige Literaturnachweise, mit Ausnahme des Lippmannschen. Ich mußte den ganzen Abschnitt über Tabaschir um so mehr zitieren, als Tschirch in Band II p. 4 seiner „Speziellen Pharmakognosie" folgendes ausführt:

„Ich werde also die Drogen nach chemischen Gesichtspunkten ordnen und gruppieren, also nur solche aufnehmen, die chemisch einigermaßen untersucht sind. Gar nicht oder nicht genügend chemisch untersuchte Drogen haben noch kein Anrecht auf Aufnahme in eine wissenschaftliche Drogenkunde. Sie gehören vorläufig nur in die Drogeninventare und Enzyklopädien."

Wir wollen nun untersuchen, ob dieser äußerst lobenswerte Grundsatz nicht vielleicht auch auf Tabaschir I oder Tabaschir II hätte angewendet werden müssen. Zu diesem Zweck lassen wir zuerst Hooper das Wort. In der „Nature" vom 7. Juni 1900 pp. 127, 128, in dem der europäische Originalartikel steht, führt der Gewährsmann von Tabaschir I (in der Übersetzung wiedergegeben) folgendes aus:

„Das einzige moderne Werk, das von einem Zucker in dem Bambus spricht, ist das „System of Botany" von Le Maout und Decaine. Diese beiden Autoren bemerken hierüber: „ „Die jungen Schößlinge dieser beiden Bäume (*Bambusa arundinacea* und *B. verticellata*) enthalten eine zuckerige Flüssigkeit, nach der die Inder begehrlich suchen; wenn die Stauden mehr Festigkeit erhalten haben, fließt spontan eine Flüssigkeit aus ihren Halmen, und diese wird infolge Eingreifens der Sonne in Tropfen echten Zuckers umgewandelt. Die Internodien der Stämme enthalten Kieselsäure-Concretionen von opaliner Natur, Tabáschir genannt." " Hier ist also ein Unterschied zwischen der Bildung von einem „Manna" an der Außenseite des Stammes und dem im Innern gefundenen Tabaschir gemacht, aber keine Referenz gegeben für irgendwelche positive Beobachtung, für denjenigen, der zuerst die genannte Ausschwitzung beobachtet und examiniert hat. Sir Watt, der den Artikel über *Bambusa* im „Dictionary of Economic Products of India" geschrieben hat, faßte die bisherige gesamte Erfahrung über diesen Punkt folgendermaßen zusammen: „... noch ist die spontane Ausschwitzung des Zuckers in der Innenseite der Stämme jemals von indischen Reisenden beobachtet worden." "

So lag der Fall von Tabaschir I bis zum Jahre 1899. Da kam plötzlich der erste positive Bericht über den Fund eines „Bambus-Manna" an Hooper, über den er sich im Anschluß an obige Einleitung äußert: „Die seltsame Erscheinung von **Manna** an den Stämmen des Bambus ward letzten März von dem Divisions-Forstbeamten in Chanda, in der Zentralprovinz [Indien!] berichtet und Notizen über dieses Phänomen wurden in der Local-Presse [!] veröffentlicht. Die Bambus-Wälder von Chanda bestehen aus **Dendrocalamus strictus,** d m männlichen Bambus, einer busch gen Pflanze von 20 bis 30 Fuß Höhe, und beeinflußt durch die kühleren nördlichen und westlichen Hügel von Zentral- und Südindien. Es heißt, zum erstenmal in der Geschichte dieser Pflanzen sei eine süße und gummihaltige Substanz bekannt geworden, die die Bäume aus-

chwitzen. Der Gummi wurde in ziemlicher Menge ausgeschwitzt, und von den Eingeborenen in der Nähe äußerst schmackhaft gefunden und deshalb als **Nahrungsmittel** (!!) benützt. Das Vorkommen von „Manna" in diesem Jahre ist die denkbar merkwürdigste Erscheinung, um so mehr, als bekanntlich dieses Jahr die größte Hungersnot in Indien herrscht, und die Distrikte, in denen die Not am größten ist, gerade die Zentralprovinzen sind. Ein authentisches Exemplar von diesem Bambus-Manna wurde zu Dr. Watt, dem Experten für landwirtschaftliche Erzeugnisse in Kalkutta, geschickt und von diesem mir umgehend zur Untersuchung überwiesen. It[1]) occured in short stalactiform rods about an inch long, white or light brown in colour, more or less cylindrical in shape, but flattened or grooved on one side where the tear had adhered to the stem. Das Manna war äußerst süß, aber ohne den eigentümlichen charakteristischen Geschmack des sizilianischen Manna (*Fraxinus rotundifolius*). Es war in weniger als einem Gewicht („one wheigt") Wasser löslich und die Lösung schied ihrerseits wieder weiße, durchscheinende Zuckerkrystalle aus. Das Manna enthielt 2,66 per cent. Flüssigkeit, 0,96 per cent. Asche; 0,75 per cent. einer Fehlingschen Lösung reduzierenden Substanzen wurden nachgewiesen.

The remainder consisted of a sugar which became inverted in twenty minutes when boiled with dilute hydrochloric acide (I per cent.), and from its solubility, melting-point and crystalline nature, appeared to be a saccharose, related to, if not identical with cane sugar. It contained no mannite, the saccharine principle peculiar to true manna. Die Bambusen und Zuckerrohr gehören zu der gleichen natürlichen „Order" von Gräsern, vielleicht ist es nicht unnatürlich zu erwarten, daß sie eine ähnliche süße Substanz enthalten, die als **Nahrungsmittel** („food") benützt werden kann; aber es ist ein eigenartiges Zusammentreffen, daß die Halme der Bambusen, bisher als **trocken** und **unproduktiv** betrachtet, in einer Zeit des größten Mangels einen Ersatz für eine von Hungersnot gepeinigte Bevölkerung liefern."

Soweit Hooper! Hierzu möchte ich nochmals bemerken, daß dies die erste und einzige positive und chemische Literaturangabe bis zum Jahre 1900 ist. Von großer Wichtigkeit ist die Feststellung der Tatsache, daß Hooper den Ausfluß erst nach längerer Zeit erhielt und daß die chemische Untersuchung nicht an Ort und Stelle, sondern erst später in Kalkutta — und auch da unter den bekannten, unerfreulichen tropischen Umständen ausgeführt wurde. Wer die chemischen Laboratorien draußen kennt, weiß, daß sie viel zu wünschen übrig lassen.

Die Ausführungen von Hooper finden noch eine Ergänzung bei Sir George Watt. Dieser führt in seinem

[1]) Die wichtigsten Absätze sind von mir hier im Originaltext wiedergegeben, um jedes Mißverständnis zu vermeiden.

1908 erschienenen Ergänzungsband zu dem „Dictionary of Economic Products of India“ über Tabaschir p. 110 folgendes aus:

„In dem Innern der hohlen Stämme der meisten Bambusen, vor allem in *Bambusa arundinacea*, ist eine kieselsaure, colloidale Substanz gefunden, die in den Bazaren Indiens als Tabaschir bekannt ist (Bánsa rochana oder Tavak — kshira im Sanskrit). This has **erroneously** (irrtümlicherweise!!) been called Bamboo-Manna by some writers, there by obscuring the circumstance **recently** (kürzlich!) established that certain species produce a true manna on the outer surface of their culms.....“

Hier stellt also Sir Watt fest, 1. daß man Tabaschir (also die von Tschirch Tabaschir II bezeichnete Substanz) früher irrtümlicherweise Bambus-Manna genannt hat; 2. daß Tabaschir mit Manna nichts zu tun hat; 3. daß neuerdings — seiner Ansicht nach — ein echtes Bambus-Manna aus den Halmen bekannt geworden ist.

Sodann gibt Sir George Watt p. 111 eine ausführliche Beschreibung des Fundes von „Manna“ durch den bei Hooper erwähnten Mr. A. E. Lowrie. Hieraus sind einige Angaben entnommen. Es handelte sich um Exemplare in **Samen** auf armen Grunde, sehr steinig, zumeist Laterit-Boden. „I noticed the culms in the clumps streaked all the way down whith what appeared to me to be a white brittle gum, similar to what one sees exuding from Odina Wodier. Auf meine Frage bei den Gonds-Leuten, die mich begleiteten, was das sei, konnten sie mir keine Antwort geben, da sie es noch nie gesehen hatten. Ich sammelte davon und beim Probieren schmeckte es ganz süß. Die Eingeborenen sammelten nun Hände voll. Das gleiche tat ich. Ich sende Ihnen hiermit eine Schachtel voll, sollten Sie daran Interesse haben. Nach dem Eintreffen im Lager hielt ich bei den Dorfbewohnern, Gonds und anderen eine Umfrage. Alle versicherten, daß sie diesen Gummi weder jemals gesehen noch auch das geringste von ihm gehört hätten. Das Zuckerdeposit erstreckt sich nur ungefähr 5 Fuß an den Halmen entlang und war gegen die Spitze zu gänzlich abwesend. Es wurde sowohl an den Nodien als an den Internodien gefunden. Ich bin überzeugt, daß es nichts mit einer Insektenablagerung zu tun hat oder mit Hilfe von Insektenstichen in dem Stamm der Bambusen hervorgerufen wurde, da ich eine Anzahl Stämme peinlich untersuchte. Die Stämme waren 1, 2, 3 Jahre alt.“ Soweit die Angaben von Mr. A. E. Lowrie bei Watt. Dieser fährt dann gewissermaßen als Entgegnung auf die Ansicht von Lowrie fort:

„Mr. Stebbing, however, reports that he had found the leaves of *Bambusa arundinacea* so attacked by an **Aphis** as to cause a manna to fall in drops on the stems. Hooper fand, daß das Manna — von Mr. Lowrie geliefert — einen Zucker enthält, wie der von Rohrzucker, wenn er nicht mit diesem identisch ist!!“

Vor den weiteren Literaturnachweisen möchte ich auf Grund dieser Angaben allein feststellen, daß die Behauptungen von Tschirch über Tabaschir I sich nicht im geringsten mit denen von Hooper, Lowrie, Watt decken, die man in diesem Fall ebenso wie Stebbing doch fraglos als Autorität anerkennen muß. Hooper gibt dem Ausschwitzungsprodukt der Bambusstauden den Namen „Manna"; er stellt fest, daß jedes derartige Vorkommen bis zum Jahre 1899 nicht auf Grund beweiskräftiger Aussagen von Augenzeugen konstatiert war; Lowrie betont ausdrücklich, daß es den Indern bisher völlig fremd war, also als **Handelsartikel** sicher **nie** eine Rolle gespielt hat; Hooper, Lowrie und Watt erwähnen es **nur** als Nahrungsmittel, so daß der Satz bei Tschirch: „es wird noch jetzt in der orientalischen Medizin benützt, ist aber seltener geworden", unter allen Umständen unrichtig ist.

Tschirch erwähnt des weiteren **nirgends**, daß Berichte vorhanden sind über das Vorkommen eines Bambus-Manna, erzeugt durch eine *Aphis*-Art auf den Blättern von *Bambusa arundinacea*, von denen die Tropfen auf die Stämme fielen; bringt dagegen eine Hypothese über die Beziehungen „beider Tabaschire", die äußerst gewagt ist. Ein Blick in Pfeffer's „Pflanzenphysiologie" und seine Ansichten über die Wasserausscheidung bei unverletzten Pflanzenteilen usw. zeigt uns, daß eine derartige Dialyse **ohne** Reize von außen etwas Außergewöhnliches wäre. Auch Dr. Stapf, der bekannte Gramineenforscher im Kew-Herbarium, erklärte mir auf Befragen, daß ihm eine solche nicht bekannt sei.[1])

Wenn wir uns nach der Entstehung dieser Ausscheidungen an den Außenwänden der Stämme der Bambusen fragen, so scheint diese durch irgendeinen äußeren Eingriff einer Wespe, einer Laus oder sonst eines Tieres oder durch das Herausdringen eines im Innern sich aufhaltenden Insektes oder einer Insektenlarve hervorgerufen zu sein. Es ist außerdem keineswegs ausgeschlossen, daß bei der Beobachtung in Chanda der indische Forstoffizier Lowrie **nur** die Stämme, was er auch berichtet, untersuchte, nicht aber die Manna liefernden **Blätter.** Für diese Erzeugung der zuckerhaltigen Ausscheidung spricht aber auch der Umstand, daß **Dendrocalamus strictus** in jener Zeit Samen trug, eine Tatsache, die nur nebenbei im Bericht erwähnt wird. Es muß also ein sehr heißes, trockenes Jahr gewesen sein, was auch durch die Hungersnot, also Reismangel, bestätigt wird. Es ist nun eine unumstößliche Tatsache, daß trockene Hitze[2]) allenthalben die Wespen und die Läuse ungeheuer vermehrt. Wir können auf diese Weise auch die Unmenge des

---

[1]) Vergl. auch J. U. Lloyd (Cincinnati): „Über kalifornisches Manna". (Referat von Ed. Schaer im Ber. d. D. Pharm. Ges. 1897 H. 9 pp. 245—253.)

[2]) Die „Daily Mail" vom 21. August 1911 schreibt: „1911 bids fair to be known as the wasp year. Never before has there been such a serious invasion of this stinged insect. From all parts of the country letters still pour into this office complaining bitterly of the plague."

Bambus-Manna an einer Stelle infolge der vermehrten Wespenzahl leicht erklären.

Fassen wir diesen Teil der Abhandlung zusammen, so müssen wir zu der Überzeugung kommen, daß das Bambus-Manna, das außerdem — wie schon Hooper feststellt — kein Mannit, den charakteristischsten Bestandteil des Manna von *Fraxinus excelsior* usw. enthält, zum mindesten ein noch recht wenig bekanntes Pflanzenprodukt ist. Weder Sir Brandis, Sir Watt, Mr. Drummond haben in Indien, noch Kurz in Birma, noch Domin auf Java, noch ich selbst auf Ceylon, der malayischen Halbinsel, Siam und den Schanstaaten etwas von einer Ausscheidung aus den Bambusstauden bemerkt. Auch von Martius und Humboldt ist diese für Südamerika unbekannt, obwohl beide das Tabaschir erwähnen. Für alle Fälle hat diese Ausscheidung nicht das geringste mit alter oder neuer asiatischer Medizin zu tun.

Das Tabaschir I im Tschirch'schen Sinne existiert also überhaupt nicht, damit fallen auch seine Hypothesen der Beziehungen zwischen Tabaschir I und Tabaschir II in sich zusammen.

Da mir persönlich die Bezeichnung „Manna" für die Ausscheidungen der Bambusstauden, die kein Mannit enthalten, unberechtigt erscheint, schlage ich vor, diese als **„Bambus-Zucker"**[1]) zu bezeichnen.

Sir George Watt hat auf eine diesbezügliche Anfrage meinerseits seine Ansicht dahin präzisiert (Brief vom 16. September 1911):

„If the presence of Mannit is essential then the sweet substance found on *Dendrocalamus is* **not** *Manna*. But personally I am disposed to regard that as a distinction without a differance. A sweet fluid produced on certain plants through the instrumentality of an **Aphid** would I think be a safer definition. At all events every Asiatic in collecting Manna would regard that as correct."

J. S. Gamble, der berühmte Verfasser der „Bambuseae of British India" in „Annals of the Royal Botanic Garden of Calcutta" (vol. VII), teilt mir mit, daß „er keine neuen Informationen über die Frage seit dem Werke von Sir George Watt erhalten hat" (Brief vom 8. September 1911).

Völlig unverständlich ist die von Tschirch vertretene Ansicht, daß Tabaschir I das *Σάκχαρον* der Griechen gewesen sein soll. Diese so seltene, bis vor kurzem kaum erwähnte und positiv erst 1899 festgestellte Ausscheidung soll ausgerechnet *Σάκχαρον* und Saccharum sein?

Bevor wir feststellen, was die Alten unter diesem Begriff verstanden und wie sie dieses Pflanzenprodukt beschrieben haben, muß ich aber noch auf das **Wasserführen** in den Bambusstauden zu sprechen kommen, da von diesem sowohl bei Tschirch wie bei Hooper, hier verneinend, dort bejahend die Rede ist.

---

[1]) Diese Bezeichnung findet sich auch schon des öfteren in der Literatur.

Daß in dem Innern Wasser gefunden wird, steht fest. Schon Humboldt schreibt in „Journal of Science and Arts" vol. V p. 49:

„Das Wasser, das wir in den Internodien der amerikanischen Bambusen fanden, war von brachichem Geschmack, aber es ist nicht ungenießbar. Die Eingeborenen behaupten, es habe einen gefährlichen Einfluß auf das Urinlassen."

In Englers Nat. Pflanzenfamilien, „Gramineen" von Hackel im Jahre 1887 bearbeitet, finden wir folgenden Satz: „In den Hohlräumen der Internodien mancher größeren Arten sammelt sich reichliches, gutes Trinkwasser."

Ich selbst habe zu der Frage des öfteren Stellung genommen, u. a. im „Archiv für Anthropologie" 1911. „Die Bedeutung der Bambusstaude auf Grund eigener Studien in Siam" und in „Englers Bot. Jahrbüchern", 45. Bd., 5. Heft 1911. „Edaphische Wirkungen des Kalkes auf die Vegetation tropischer Karren und Karrenfelder" pp. 661—669. Aus letzterer Abhandlung pp. 663 bis 664 sei der folgende Passus zitiert:

„In der Literatur über die Bambusstauden fand ich über das Vorkommen von Wasser und dessen Genuß von menschlicher Seite wenig Positives. *Bambusa tulda* [um die es sich bei diesen Zeilen handelt] ist speziell in Indien sehr häufig und eingehend ihrer Bedeutung[1]) gewürdigt worden, aber kein Wasservorkommen erwähnt. Dagegen ist u. a. in Englers Nat. Pflanzenfamilien, den Gramineen von Hackel[2]) bei der Besprechung der bekannten, Kieselsäure enthaltenden, chemischen Medizin, Tabaschir, die aus Bambus gewonnen wird und eine Rolle als Exportartikel spielt, folgende Angabe enthalten: „ „Die Entstehung des Tabaschir ist noch nicht in allen Punkten aufgeklärt, die wahrscheinlichste Annahme ist, daß den Bambusstengeln zur Zeit ihres überaus raschen Wachstums von den Wurzeln große Mengen von Wasser zugeführt werden, welches sich in den hohlen Internodien ansammelt. Die darin gelösten kieselsauren Alkalien werden wahrscheinlich durch Kohlensäure oder organische Säuren zersetzt, die gebildeten Alkalisalze samt dem Wasser später resorbiert und eine Kieselgallerte zurückgelassen, die allmählich zu dem Tabaschir erhärtet." "

Das Vorhandensein von so großen Mengen Wasser in den Bambusstauden auf dem wasserarmen, durchlässigen Kalkstein läßt uns diese Erklärung für Kieselsubstrat als begründet erscheinen. Auf dem Doi Djieng Dao [in Nord-Siam] fand ich kein Tabaschir. Wir müssen diese Aufspeicherung von Wasser in den Internodien hier wohl als eine Anpassung an das Substrat betrachten, ähnlich wie bei dem verdickten Stamm der sukkulenten Kakteen der Halbwüsten, Wüsten und Steppen oder teilweise dem verdickten Wurzelstock baumbewohnender Rhododendren,

---

[1]) Sir George Watt, „A Dictionary of the Economic Products of India" 1889 und Kurz, „Bamboo and its Uses", um nur zwei aus der Fülle herauszugreifen.

[2]) Hackel, „Gramineen" in Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfam. II p. 82.

so *Agapetes, Hosseana* und *Rhododendron Veitchianum*[1]), von denen wir noch später auf die erstere zu sprechen kommen. Obwohl ich schon in anderem Zusammenhang[2]) die Tatsache des Wasserführens angeführt habe, ist ihr, da ich ihre genetische Bedeutung nicht erwähnte, in den Besprechungen weiter kein Gewicht beigelegt worden. Diese edaphische Wirkung des Kalkes wird von um so größerer Bedeutung, als ich bei meinen späteren Untersuchungen in alluvialem und diluvialem Gebiet, sowie auf anstehendem archäischem Gestein, Sandstein oder Lateritboden kein Wasserführen beobachten konnte. Die Bambusstauden auf dem Doi Djieng Dao waren ohne Unterschied des Alters wasserführend, so daß hier ,,das überaus rasche Wachstum" allein nicht in Betracht kommen kann. Wir haben es vielmehr mit einer durch osmotischen [oder Wurzel-] Druck bewirkten ständigen Ergänzung des Warenvorrates, die durch die Eigenschaft des Kalkes bedingt ist, in der Regenzeit zu tun. Der Kalk verschluckt ,,wie ein Schwamm"[3]) und bietet so den zahlreichen Wurzeln die Möglichkeit, in der Regenperiode ständig Kalkwasser aufzunehmen, dieses kann nun infolge der Beschaffenheit der Bambusstaude in den Internodien aufgespeichert werden, so daß im Notfalle in der Trockenzeit genügende Reservestoffe im Innern des Stammes vorhanden sind."

Für alle Fälle ist es nötig, nochmals diese meine Beobachtungen über den Zusammenhang von Bambuswasser und Tabaschir, und das Fehlen von Tabaschir auf Kalkboden auf weiten Gebieten zu prüfen. Läßt es sich doch nicht leugnen, daß hierbei Versehen vorkommen können, da man natürlich immer nur eine Anzahl von Bambusstämmen zur Probe anschlagen kann und bei ihrem praktischen Nutzen anschlagen will.

Merkwürdig ist, daß nicht nur Hooper von dem ,,trockenen" Innern der Bambusstauden spricht, sondern auch einer Anzahl anderer Kenner Indiens und seiner Flora, so vor allem J. R. Drummond nichts von einem Wasserführen der Bambusen bekannt ist.

Das von mir auf dem Nummulitenkalk-Massiv des Doi Djieng Dao in ca. 1300—1400 m ü. d. M. gefundene Bambuswasser schmeckte faul und bitter, sein Genuß ist im allgemeinen nicht anzuraten. Außerdem sind nur wenige der $^1/_2$ m langen Internodien zu benützen. Eine gute Quelle gibt $^3/_8$ bis $^1/_4$ Liter Wasser. Meine eingeborenen Träger saugten das Wasser mit einem langen

---

[1]) In oben zitierter Arbeit von mir steht zwar *Rhododendron Veitchianum*, doch bin ich jetzt der Meinung, daß die von mir unter N. 201 gesammelten Pflanzen besser als *Rh. formosum* Wall. var. *Veitchianum* K. zu bezeichnen sind, wie dies auch in: C. C. Hosseus, ,,Beiträge zur Flora Siams" in Beih. zum Bot. Centralblatt Bd. XXVII. 1910 Abt. II, p. 505 und C. C. Hosseus, ,,Botanische Ergebnisse meiner Expedition nach Siam", Bd. XXVIII. (1911) Abt. II p. 423 bereits geschehen ist.

[2]) C. C. Hosseus, ,,Die Bedeutung der Bambusstaude in Siam" im Archiv für Anthropologie 1911, Bd. X p. 71.

[3]) Nach A. Rühl, ,,Grunds Studien im Dinarischen Gebirge", Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1911, p. 312.

Röhrchen aus den angeschlagenen Internodien. Das Wasserführen einer Bambusstaude stellten die Laoten und Schan an dem Klang der Wände bei dem Anschlagen mit dem Messer fest.

Tschirch schreibt in seinem Handbuch der Pharmakognosie II p. 132: „Die Beziehungen der beiden Tabaschire können wir uns so denken, daß ursprünglich in das Innere der Halme ein Gemisch von Silikaten und Zucker abgeschieden wurde, die zunächst in wässeriger Lösung sich befanden." Anzeichen hierfür sind nirgends gegeben. Humboldt[1]), den Tschirch als Gewährsmann dafür angibt, „daß das σάκχαρον der Griechen der „Saft des Bambusrohres" gewesen sei, sagt sogar:

„Ich konnte niemals eine Sekretion bei dem amerikanischen Bambus entdecken, die mir den Gedanken an „honigähnliche Süße" gab, aber ich machte mit dem echten Tabascheer oder Tabaxir im Königtum Quito Bekanntschaft, es unterscheidet sich nur sehr wenig von dem Ostasiens." Wir müssen noch später auf die Ansicht Humboldts zurückkommen, wollen aber hier bereits feststellen, daß er den Gedanken einer Sekretion, wie sie Tschiich vertritt, unter keinen Umständen feststellt. Tschirch kann also Humboldt hier unter keinen Umständen als Gewährsmann für sich in Anspruch nehmen. Aus dem Gesagten geht das eine mit Sicherheit hervor, daß der „Bambuszucker" in nur geringer Beziehung zu dem Wasserführen der Bambusstaude steht; denn sonst müßte er seit Jahrtausenden eine große Rolle in Indien als Nahrungsmittel, ähnlich wie das Zuckerrohr, gespielt haben.

Vorwegnehmend sei hier gleich festgestellt, daß es tatsächlich zweierlei „Tabaschir" gibt. Es handelt sich dabei aber nur um verschiedene Handelssorten, wie schon Hackel im Jahre 1887 in den „Gramineen" feststellt:

„Es kommt in 2 Sorten im Handel vor: rohes und kalziniertes. Ersteres stellt in frischem, unbeschädigtem Zustande mehr oder weniger vollkommene Zylinder mit abgerundeter konvexer Basis von 1—$3^1/_2$ cm Durchmesser und 1,4 cm Länge dar (vgl. Fig. 107 B, C.), die in den Höhlungen der Internodien an einer oder beiden Seiten der Scheidewand gefunden werden."

Ich möchte nicht versäumen, darauf hinzuweisen, daß man Tabaschir nicht nur im Innern der Bambusstauden, sondern auch als eine Substanz im **Erdboden** findet. Dies erwähnt bereits E. Mène in „Les Productions végétales du Japon. Paris 1885 p. 190: „Was das Tabashir betrifft, so ist es eine kieselhaltige Konkretion, die man oft in den Nodien gewisser Bambusarten antrifft. Man findet diese Substanz auch «dans le sol sur lequel on a brûlé une plantations de bambous»."

In diesem Zusammenhang wollen wir auch die chemische Zusammensetzung des Tabaschirs, die freilich wohl infolge der Vornahme an verschiedenen Bambusarten nicht immer mit gleichem Resultat erhalten wird, erwähnen. H. Semler schreibt in

---

[1]) A. v. Humboldt, in „Journal of Science and Arts" vol. V, p. 49.

„Die tropische Agrikultur" IV, p. 570: „Eine Analyse des in Java heimischen *Bambus apus*" zeigte die folgende Zusammensetzung des Tabaschirs:

Kieselsäure	86,387 %
Eisenoxyd	0,424 %
Kalk	0,244 %
Kohlensaures Kali	4,806 %
Organische Stoffe	0,507 %
Wasser	7,632 %
	100,000 %.

Nach M. Smith ist die Analyse des Tabaschirs (aus E. Mène, „Les productions végétales du Japon" **1885**):

Silice	90,50
Potasse	1,50
Peroxyde de fer	0,50
Alumine	0,40
Eau	4,87
Perte	2,23
	100,00.

Die Analyse von Professor T. Thompson von Glasgow finden wir bei F. Porter Smith in „Contributions towards the materia Medica and natural History of China" (Shanghai und London 1871):

Silica	90,50
Potash	1,10
Peroxide of iron	0,90
Alumina	0,40
Moisture	4,87
Lors	2,23
	100,00

Mit anderen Worten: Beide Analysen sind fast identisch.

Die nächste entnehme ich G. Peckolt: „Historia das Plantas, Medicinaes uteis do Brazil" (Rio 1888):

Humidade	19,402
Amido	17,620
Albumina	0,820
Mecrostachysina (gluten)	0,885
Substancia gordurosa	0,915
Assucar usw.	1,096
Materias extractivas não azotados	0,578
Substancias gommosas, dextrina usw.	1,960
Saes morganicas	1,035
Cellulose usw.	46,673
	100,000

Diesen Analysen, die noch willkürlich vermehrt werden könnten, soll noch eine andere von Hammerbacher der Bambusstammasche gegenübergestellt werden:

SiO_2	=	28,264
CaO	=	4,481
MgO	=	6,569
K_2O	=	34,217
Na_2O	=	12,765
CC	=	2,062
SO_3	=	10,705
Ferric phospate	=	0,037
		99,100

„Die Asche ist reich an Kieselsäure und Alkalien, arm an alkalischen Erden."

Wir kommen jetzt auf die **medizinische** Wirkung des Tabaschir zu sprechen und können natürlich nicht umhin, eine ganze Anzahl von Literaturbelegen anzuführen. Ausgezeichnet kurz und sachlich schreibt V. F. Kosteletzky in seiner „Allgemeinen mediz.-pharm. Flora" (Mannheim 1831) unter *Bambusa* I, p. 112:

„In den Knoten der älteren Halme erzeugen sich eigentümliche Konkremente, welche als Tabasheer bekannt, in den Morgenländern noch immer als ein krampfstillendes, adstringierendes, tonisches Arzneimittel allgemein im Gebrauche sind, und besonders bei Verschleimungen, Blutspeien, Phthisis und Dysurie gerühmt werden. Dieses Tabesheer oder Tabaxir besteht fast größtenteils aus Kieselerde, mit etwas Kali, Kalk und vegetabilischer Materie, und war früher auch in Europa offizinell. Nicht bloß diese Art von Bambusa ist es, in welcher sich das Tabasheer bildet (*Bambusa arundinacea*), auch die anderen Arten dieser Gattung als: *B. spinosa* Hamilt., und *B. stricta* Roxb., beide auf den Mollukken, in Cochinchina und Ostindien zu Hause, sowie auch zwei Arten der verwandten Gattung *Melocanna,* als *M. humilis* Trin. und *M. bambusoides* Trin., in Indien jenseits des Ganges und auf den Molukken vorkommend, endlich auch *Guadua angustifolia* Kunth., eine ähnliche Pflanze Südamerikas, enthalten dasselbe Produkt. Die Blätter des Bambusrohres werden, so wie jene der Gattung *Melocanna,* als blutreinigend und zur Beförderung der Menstruation und der Lochien im Dekokt gegeben. (Aus den jungen Sprossen wird eine wohlschmeckende, in Indien sehr geschätzte Speise bereitet.)

Huerto[1]) schreibt in seiner „Aromatum Historia" [1. Aufl. 1567, 2. hier zitierte Aufl. 1574, p. 50]:

„Ceterum ex Medicorum tum Indorum, tum Arabum, Persarum et Turcorum testimonio Tabaxir internis et externis convenit ardoribus, tum etiam biliosis febribus et dysenteriis."

In der 4. Auflage vom Jahre 1593 befindet sich hinter dem letzten Wort dysenteriis noch der folgende Satz: „praesertim autem in biliosis fluxionibus utuntur, nostri vero trochiscos ex eo conficiunt addito semine Oxalidis."

Nebenbei sei hier erwähnt, daß in Amati Lusitani „enarrationes in Dioscoridem" (1554) zwar eine größere Anzahl *Manna*-Arten angeführt sind, aber nirgends Tabaschir namentlich geführt wird. Der Umstand ist insofern interessant, als dieses Werk und das oben zitierte von Sarto del Huerto aus der gleichen Zeit stammen.

Bei E. Mène in seinem Werke: „Les Productions végétales du Japon" (Paris 1885) finden wir über den medizinischen Gebrauch der verschiedenen Teile der Bambusstaude sehr wertvolle Angaben pp. 190—191, darunter über das Tabaschir, daß es gegen katarrhalische Affektionen und in Fällen „Convulsions

[1]) Garcia del Huerto, auch Sarto del Huerto und Garcia da Orta genannt.

choreiques" sowie bei Epilepsie ähnlichen Anfällen der Kinder benützt wird.

H. Semler schreibt in: „Die tropische Agrikultur" IV, p. 570: „Eine Abkochung von Bambusblättern soll schleimlösend wirken und den Blattknospen wird eine schweißtreibende Wirkung zugeschrieben. Diese Mittel haben in der europäischen Heilkunde niemals Anerkennung gefunden, da die ihnen zugeschriebenen Eigenschaften nicht vorhanden sein sollen." Bei Tabaschir: „welches von den Südasiaten wegen ihrer angeblichen medizinischen Eigenschaften hoch geschätzt wird."

Nees v. Esenbeck und Ebermaier schreiben in ihrem „Handbuch der med.-pharm. Botanik" (Düsseldorf 1830 pp. 141 bis 142): „Schon die arabischen Ärzte erwähnen dieses bei allen Morgenländern als antipasmodisches, adstringierendes und konfortatives Mittel hochgeschätzten Tabasheer oder Tabaxir. Rumph sagt: „Juniores arundines plerumque in inferioribus suis nodis semirepletae utrumque sunt limpida aqua postabili, quae hisce interris sensim evanescit, in aliis vero regionibus exsiccatur in substantiam albam et calceam, quae Tabaxir vocatur." Gegen Ende des verflossenen Jahrhunderts war öfter die Rede von dieser, im Orient noch einen bedeutenden Handelsartikel ausmachenden Substanz. Gegenwärtig ist sie bei uns vergessen."

Bei Hackel finden wir in der bereits öfter erwähnten Arbeit „Gramineen" (1887) folgende Angaben: „..... und in der abergläubischen Medizin der Orientalen noch immer eine Rolle spielen. Tabaschir wird nicht bloß in Indien, sondern im ganzen Orient und in China als ein Heilmittel ersten Ranges in Gallenfiebern, Dysenterie, Gelbsucht, Aussatz, Lungenkrankheiten sowie als Aphrodisiacum betrachtet. Schon die Ärzte der römischen Kaiserzeit schrieben ihm medizinische Wirkungen zu; seinen Weltruf erlangte es durch die arabischen Ärzte des 10. und 11. Jahrhunderts."

G. Dragendorff geht in seinem Werke: „Die Heilpflanzen der verschiedenen Völker und Zeiten" (Stuttgart 1898 p. 89) ebenfalls auf die medizinischen Bedeutungen der Bambusstaude ein. „Samen, Mark und Knospen sind eßbar, während die Blätter in der Veterinär Medizin Javas eine Rolle spielen, ein Dekokt der Zweigspitzen wird in Indien bei Uterusleiden angewendet. Häufig als Heilmittel gebraucht sind die Kieselkonkretionen an Knoten des Halmes (Tabaschir, korrumpiert aus dem Sanscrit-Wort: „Tvakkschira") gegen Phthisis, Asthma, Husten, Gallenleiden etc."

F. A. Flückiger schreibt unter „Ind. Pharmakognosie" im „Archiv für Pharmacie" (22. Bd. 7. Heft): „Die merkwürdigen Absonderungen von opalartiger Kieselsäure, welche unter dem Namen Tabaschir aus den Halmen des *Bambusa arundinacea* gewonnen werden, kommen nach Bombay meist aus Singapore und zwar in dem rohen geschwärzten Zustand, wie man sie durch Einäschern der Bambushalme erhält. In Bombay brennt man

das Tabaschir weiß. Hindus und Mohammedaner schreiben unglaublicherweise seit langer Zeit dieser so höchst indifferenten Substanz wichtige medizinische Wirkungen zu.“

Eine Ansicht aus dem Mittelalter gibt Gulielmi Piso (X, p. 187): „Praeter Garciam ab Horto et Hugonem Linschotanum plurimi optimates nuper inde reduces, integraeque in Arabia pari argenti pondere dicendi, idque potissimum quia Medicorum tum Indorum, tum Arabum, Maurorum, Persarum, Turcarum, unanimi testimonio et experientia constat, externis et internis convenire ardoribus et inflammatioribus ut et dysenteriis biliosis, si trochiscorum vel potus forma exhibeantur. Indi ipsi contra Stranguriás, Gonorrhoeas et Haemorrhagias utuntur, magnumque putant caritatis officium nostratibus praestare, si in simili renumet genitalium incendiis hoc Sacar-Mambu sive Tabaxir[1]), aqua dissolutum, largiter suppeditent...“

Auch Colonel Heber Drury hat in seinem „The usful Plants of India“, London 1873 p. 62 einige Notizen: „It is employed medicinally in the cures of paralytic complaints and poisonings.... It is highly prized in native practice as a stimulant and aphrodisiac. Among other reputed medical properties of the bamboo, the root is said to be a diluent, the bark a specific in eruptions, and the leaves as anthelmintic and emmenagogue.“ (Siehe auch Ainslie. Pharm. of India, Madras in Journ. of Med. Sci. 1862 p. 245.)

F. Porter Smith führt in seinen„ Contributions toward the materia Medica and natural History of China“, Shanghai und London 1871 p. 210 aus: „What effect of a medicinal charakter it may have, would be probably **due to the iron.** The „Pen Ts'au“ directs it to be given in acute convulsive, chloreic and epileptiform diseases of children, and suggests its use in apoplexy and paralysis. It is also said to have vulnerary and antidotal properties. Dr. Warnig says that it is highly prized in the Indian Materia Medica, and is believed to have stimulant and aphrodisiac qualities. The drug is usually adulterated in China with bone-earth and other substances. A similar substance has been found in Jungle Grass.“

Wir wenden uns jetzt dem Worte: *Σάκχαρον* der alten Griechen und Saccharum der Römer zu. Als ersten möchte ich den zumeist genannten griechischen Schriftsteller und Arzt Dioscorides anführen: „*Σάκχαρον* ist eine in dem Innern enthaltene, süße Substanz, gefunden in dem Rohre von Indien und *Arabia felix,* in seiner Konsistenz dem Salze gleichend und zwischen den Zähnen wie Salz vergehend. Im Wasser aufgelöst wird es gegen Magenbeschwerden usw. genommen[2]).“

---

[1]) Wir finden hier das Wort „Sacar-Mambu“ i. e. „Zucker des Bambus“ für Tabaschir, das wir oft in der früheren Literatur antreffen.

[2]) Aus „Dioscoridis libri octo Graece et Latine“. Paris 1549 (Lib. II. p. 103).

Περὶ Σακχάρου μέλιτος.

Καλεῖται δέ τι καὶ σάκχαρον εἶδος ὂν μέλιτος ἐν ἰνδίᾳ πεπηγότος καὶ τῇ εὐδαίμονι ἀραβίᾳ, εὑρισκόμενον ἐπὶ τῶν καλάμων, ὅμοιον τῇ συσάσει

Plinius kopierte diese Ansicht von Dioscorides.
Lucanus spricht vom gleichen *Saccharum*:
„Quique bibunt tenera dulces ab arundine succos."
Dagegen ist nicht sicher, ob das 2. Zitat sich wirklich auf *Saccharum* bezieht:
„Indica nam magna nimis arbore crescit harundo:
„Illius e lentis premitur radicibus humor."
Ich glaube freilich sicher, daß man es hierfür in Anspruch nehmen kann. Es scheint hier dann eine bewußte Betonung des „Baumes" (= Bambusstaude) gegenüber dem Rohre des *Saccharum* vorzuliegen."

Auf Grund dieser Angaben setzt nun die Polemik in späteren Jahrhunderten ein, an der sich so ziemlich alle Ärzte und Naturforscher beteiligten. Alle möglichen Gründe werden dafür angeführt, daß *Σάκχαρον* nichts mit der Bambusstaude oder nichts mit dem Zuckerrohr zu tun hat. Da ich—wie gesagt—über 1000 Bände durchstudiert habe, kann ich mich nur auf einige der wichtigsten beschränken, so schreibt J. Pereira in „The Elements of Materia Medica and Therapactics" p. 103: „Humboldt übernimmt, wie ich glaube, voreilig die Ansicht von Salmasius, daß Plinius damit das kieselsäurehaltige Produkt von Bambus, Tabaschir, meint: denn 1. wenn die Alten es mit Honig vergleichen, war es wahrscheinlich süß, was Tabaschir nicht ist; 2. der Sanskritname für Zucker ist „Sarkura (Royles Essay p. 83); 3. eine Stelle in Lucan (Lib. III, V, 237) scheint ausdrücklich auf das Zuckerrohr hinzuweisen. — Quibus bibunt tenera dulces ab arundine succos. Denn sicherlich wird niemand behaupten, daß der Bambus ein „tenera arundo" ist."

Über den letzten Punkt kann man vom dichterischen Standpunkt aus anderer Ansicht sein; auf die Frage „süß" kommen wir noch später. Das Zitat für den Sanskritnamen trifft zu. Bei Humboldt ist es als „Scharkara" angegeben, die Perser sagen „Schakar", die Hindosthanen „Schukur".

Ein alter Sanskritname für Tabaschir ist „tvakkîrâ". Hier ist im zweiten Teil unter allen Umständen das „kura" aus „Sarkura" enthalten. Mittelalterlich ist bekanntlich „Saccar" „Mambu", hierbei ist der Stamm des ersten Wortes der gleiche, während Mambu aus Bambu verdorben wurde.

ἁλσί καὶ θραυόμενον ὑπὸ τοῖς ὀδοῦσι καθά (ως?) οἱ ἅλες · ἔσι δὲ εὐκοίλιον, εὐσόμαχον διεθὲν ὕδατι καὶ ποθέν · ὠφελοῦν κύσιν, κεκακωμένου καὶ νεφρύς· καθαίρ δὲ καὶ τατὰς κόρας ἐγπισκοτοῦντα ἐγχριόμενεν (ἐπιχριόμενον).

Mel Saccharum Cap. CIIII.

Est et aliud concreti mellis genus, quod saccharon nominatur. In India verò, et felici Arabia in arundinibus invenitur: salis modo coactum est, de tibus, ut sal, fragile, aluo idoneu, et stomacho utile, si aqua dilutum bibatur: vexatae vesice renibusque auxiliatur, illitu ea discutit, quae tenebras oculosu pupillis offundunt.

Den griechischen Text verglich ich außerdem mit einer Anzahl älteren, so Aldus et And. Asulanus. Venice 1518 (II. Aufl. p. 52, Kap. σρβ).

Beide sind sehr schlecht wiedergegeben, alle unterscheiden sich in Zeichen der Schrift und in den Interpunktionen.

Salmasius führt p. 143 aus: „Tabaxir Persis et Arabibus saccarum, illud ex arundinibus mambu collectum, est veterum Graecorum σάκχαρον" und p. 128. Σάκχαρον Dioscoridi, Σάκταρον Arriano, aliis Σάκχαρι, recentioribus Graecis Σάχαρ et Σάκχαρι, Σαχάριτυς 719 b. E. candum non est veterum saccharum, arte tantum paratur usw.

Ich führe mit Absicht diese Stelle hier an, um zu zeigen, wie sehr gerade der Sprachstamm für Σάκχαρον = Zucker (allgemein genommen) spricht. Sehr interessant ist auch das Wort „Saraiscir" für Tabaschir bei Serapio.

Pereira erwähnt speziell den Vergleich der Alten des Σάκχαρον mit Honig, da ist es denn von größter Wichtigkeit festzustellen, daß die alten Chinesen Zucker und speziell Kandiszucker als „Shi-ni", d. h. „Stein-Honig" bezeichneten.

Tschirch nimmt für sein Tabaschir I (= Bambuszucker), das nach ihm wohl das σάκχαρον des Dioscorides ist, „die Westküste Indiens, besonders von Thana, wo es Edrisi (1135) traf", in Anspruch. Abufeda spricht in Wirklichkeit aber von dem berühmten Handelsplatz Calabana im Königtum Tana, in dem besondere Kleider aus Bambus „Tanasi" hergestellt und „Tabaschir" **aus der Asche** der Bambusstämme gesammelt wurden. Das heißt also, daß es sich hier nicht, wie Tschirch behauptet, um sein Tabaschir I, sondern um **wirkliches** Tabaschir „als Handelsartikel der Westküste Indiens" handelt. Ebenso beziehen sich die weiteren Literaturbeweise nur auf das im Innern der Bambusstauden befindliche, kieselsäurehaltige, feste Tabaschir (also Tschirchs sog. Tabaschir II).

Ich muß dies auch an dieser Stelle im Zusammenhang der Beziehungen von Tabaschir und den Anschauungen der Alten über Σάκχαρον erwähnen, um ja allen weiteren Unrichtigkeiten vorzubeugen.

Für beide letztgenannten Literaturangaben von Pereira und Tschirch sei im Gegensatz wieder die „Pharmacographia" von F. A. Flückiger und D. Hanbury pp. 650, 651 herangezogen: „Plinius kannte voraussichtlich dieselbe Substanz unter dem Namen „Saccharum" und der Verfasser von Periplus von der Erythreischen See A. D. 54—68, berichtet, daß Honig aus Rohr (honey from canes) gewonnen, σάκχαρι genannt, von Bary gaza, im Golf von Cambay nach den Häfen des Roten Meeres, westlich von Promontorium Aromatum, d. i. die Küste vis-à-vis Aden ausgeführt wurde. Ob in dieser Periode Zucker im westlichen Indien selbst produziert wurde oder ob es von weiter her vom Ganges kam, ist immer noch zweifelhaft."

Allein diese eine Angabe erscheint uns recht geeignet, zu beweisen, daß es sich nicht um Tabaschir handeln kann. Auch hier treffen wir wieder das Wort „Honig" (honey)!

Salmasius wieder führt an: „...ita haec distinguenda, collectum gummium modo, non ut est vulgo gummium modo candidum. Haec omnia prorsum quadrant in tabascir, vel sac-

charum, mambu ..." Aus dem Betonen der beiden letzten Begriffe Tabaschir = saccharum mambu kam man auch zu dem Schluß, daß eventuell schon in frühester Zeit einmal das „mambu" = bambu ausgelassen wurde und infolgedessen in die spätere Literatur einfach saccharum = Tabaschir übernommen wurde. Finden wir doch häufig die Ansicht vertreten, daß bereits Plinius in der Wiedergabe der Worte des Dioscorides schon nicht ganz genau war.

Wenn wir vorurteilsfrei des letzteren Ansicht betrachten, so müssen wir unter allen Umständen zugeben, daß wir es hier eher mit dem Zuckerrohr als mit Tabaschir zu tun haben.

Einen Punkt müssen wir noch einmal näher betrachten, das ist die „honigähnliche Süße", von der auch Humboldt spricht.

Eine einleuchtende Ansicht, mit der wir uns nochmals später zu befassen haben, vertritt F. A. Flückiger in seiner „Ind. Pharmakognosie" im Archiv für Pharmacie 1884 (22. Bd. 7. Heft):"

„Schon in der alten Sanskritliteratur ist davon die Rede, indem dort das Tabaschir mit dem Zucker insofern zusammengestellt wurde, als letzterer auch von einem Rohre (allerdings ist das Zuckerrohr nicht hohl!) stammt. Die alten indischen Schriftsteller gedenken gelegentlich des Tabaschirs als einer „süßen" Substanz, offenbar nur in dem Sinne, dasselbe als nicht bitter zu bezeichnen. Dieses scheint Veranlassung gegeben zu haben, Tabaschir und Zucker zu verwechseln, wie es z. B. schon bei Plinius geschehen ist."

Eine treffliche Bestätigung für diese Ansicht, daß der Inder unter dem „süßen" nur das „nicht bittere" meinte, finden wir in dem gleichen Sprachgebrauch bei den Malayen und Siamesen. Dieser ist auch im Französischen vorhanden, wie aus dem Werke von Mons. de la Loubère, „Description du Royaume de Siam", Amsterdam 1687—1688, I. hervorgeht:

„Il n'ya point de roseau qui naturellement n'ait un suc plus ou moins sucré. Celuy du bambou est célèbre dans quelques endroites des Indes, comme un remède excellent à plusieurs maux, a échapé à ma curiosité sité de demander si le sucre du Siam est aussi recherché par cette raison, que celuy du bambou de Malaca, qui n'est pas loin."

Wir haben hier für alle Fälle eine weitere Bestätigung dafür, daß unter dem „mehr oder minder zuckerhaltigen Stoff im Bambus" nur die feste kieselsäurehaltige Medizin Tabaschir verstanden ist.

Es kann also auch nicht Wunder nehmen, daß bereits früher eine Anzahl Schriftsteller und Gelehrte jeden Zusammenhang von Tabaschir und *Σάκχαρον* leugnen, letzteres vielmehr direkt mit dem Zuckerrohr vereinen. So schreibt de Lanessan in: „Les plantes utiles des colonies francaises" Paris 1886 p. 1: „Cette denrée (des Zuckers!) ne fut connue en Europe que dans le commencement de l'ère actuelle. Dioscorides mentionne le miel concrété sur les cannes, le *Σάκχαρον* des Indes et de

l'Arabie Heureuse. Pline le désigne, sous le nom de Saccharum et la culture de la canne était, à cette époque, repandue en Egypte et dans l'Ethiopie.

D'après Abu Zayd al Hasan, la canee était cultivée, vers 850, sur la côte nord-est du golf Persique, et d'après Ali Istakhri, elle existait dans la province perser de Kuzistan vers 940 ..."

Der gleichen Ansicht ist J. Pereira, auf den Tschirch freilich als Gegner hinweist, in seinen: „The Elements of Materia Media and Therapeutics" III. Aufl. Vol. II., London 1850, p. 1013 (unter *Saccharum officinarum* Linn.):

„The manufacture of sugar is said by Humboldt to be of the highest antiquity in China. Rohrzucker war den alten Griechen und Römern bekannt, und war als eine Art von Honig betrachtet. Es ist möglich, daß Herodotus von ihm spricht, wenn er ausführt, daß die „Zygantes" Honig von ihm, außer dem von den Bienen bereiteten. Theophrastus nennt es „mel in arundinibus; Dioscorides spricht von σάκχαρον"; Plinius von *Saccharum*. Humboldt übernimmt, wie ich glaube, voreilig die Ansicht von Salmasius, daß Plinius damit das kieselsäurehaltige Produkt von Bambus, Tabaschir meint ......"

Auch die beiden Gelehrten und Praktiker F. A. Flückiger und D. Hanbury teilen in ihrer „Pharmacographia", London 1874 p. 650 (unter Saccharum) Pereiras Meinung: ..... „Thus (Saccharon) Dioscorides (Lib. II. c. 104) about A.D. 77., mentioned the concreted honey called Σάκχαρον found upon cannes (ἐπὶ τῶν καλάμων) in India and Arabia Felix, and which in substance and brittleness resembles salt. Pliny evidently knew the same thing under the name „Saccharum"; and the author of the Periplus of the Erythrean Sea, A. D. 54—68, states that honey from canes, called σάκχαρι, is exported from Barygaza, in the Gulf of Cambay, to the ports of the Red Sea ...."

H. Semler bringt in seiner „Tropischen Agrikultur" das Σάκχαρον ebenfalls nur mit dem Zuckerrohr in Verbindung.

Diese Ansicht teile ich nun vollkommen! Auch ich glaube, daß das Σάκχαρον der Griechen, das Saccharon der Römer nichts anderes als das **Zuckerrohr** und **seine Produkte** war. Sobald wir die letzteren voll und ganz mit in die Betrachtung ziehen, dann lösen sich alle bisher so viel umstrittenen Gegensätze, die zur Hilfstheorie des Heranziehens des Tabaschirs (wenigstens teilweise) führten.

Wir müssen also erstens den trinkbaren und zweitens den nicht trinkbaren oder festen Zucker unterscheiden. Damit haben wir aber bereits die ganze Frage gelöst. Mit anderen Worten, ich bin der Meinung, daß die dem Salze gleichende, zwischen den Zähnen vergehende, weiße, abbröckelbare „Substanz" — **Kandiszucker** war.

Was wissen wir nun über Kandiszucker im allgemeinen. Wir wollen hier eine der wertvollsten Literaturnotizen von Ph. L. Geiger in seiner „Pharmaceutischen Botanik",

Heidelberg 1843 p. 167 (unter *Saccharum officinarum* L.) zuerst benützen:

„4. Kandiszucker, Kandelzucker, Zuckerkand, Saccharum candum seu cantum. Es wird aus dem gereinigten, nochmals mit Kalkwasser geläutertem und bis zur Syrupsdicke eingekochten Zucker bereitet, indem man ihn in metallenen Gefäßen die überall mit Fäden ... durchzogen sind, einige Tage lang ruhig stehen, sodann in ein stark geheiztes Zimmer zur Verdunstung der wässerigen Bestandteile bringt, wo er sofort in mehr oder weniger weiße oder bräunliche Krystalle anschießt. Sonach unterscheidet man: ordinären braunen Kandis, feinen braunen Kandis, gelben und weißen Kandis.

In Ostindien und China benutzt man keinen anderen Zucker als Kandis; Brod- und Lompenzucker ist im Orient unbekannt. Die Fabrikation von Kandiszucker wird in Hindostan betrieben, aber die Verfahrungsweise ist in höchstem Grade roh und unvollkommen. In China dagegen wird er auf vorzügliche Weise bereitet und in großen Quantitäten ausgeführt. Der Kandis von der besten Gattung besteht in großen weißen Krystallen und ist eine ausgezeichnete, schöne Ware. In Kanton findet man zwei Sorten verkäuflich, worunter der Chinchew der beste und etwa um 50 % teuerer als die andere Sorte ist, welche man Kanton nennt ....“

Von aller größter Wichtigkeit ist auch der Umstand, daß in den alten chinesischen Annalen unter den Produkten von Indien und Persien **Zucker** als Shi-ni, d. h. **Stein-Honig** geführt wird. Die Produkte des Zuckerrohres werden außerdem oft nicht mit einem eigenen Namen bezeichnet, so im Malayischen; im Siamesischen werden Ergänzungsworte beigefügt.

Daß Kandiszucker im Gegensatz zu dem ausgesogenen Zucker für die Alten ebenfalls nichts Gewöhnliches war, beweist die lange Beschreibung. Aus dieser und der Seltenheit hat man nun früher geschlossen, die Alten könnten bei etwas so Gewöhnlichem wie dem Zucker nicht solange im Text verweilen. Wenn wir aber bedenken, daß der weiße Kandiszucker nicht nur im Altertum sondern auch im Mittelalter etwas Kostbares war, so können wir auch das verstehen.

Anders liegt die Sache mit der medizinischen Verwendung des Zuckers. Ist der Zucker wirklich offizinell? Ja! So schreibt Geiger: „Eine allbekannte Sache ist die vielfache Anwendung des Zuckers in der Pharmacie zu verschiedenen Präparaten, und besonders sind die Franzosen große Freunde der Zuckerpräparate; es haben darauf folgende Schriften Bezug: „Formules de divers medicamens saccharoliques présentées à l'Academie royale de Médecine par M. Béral, pharmacien (Journal de Chim. med. 1830 N. VIII. p. 247).

Emil Mouchon, Traité complet des Saccharolés liquides, connus sous les noms de Sirop de Sucres, de Mellites et d'Oximellites. Paris 1839, 8. 391!

Dechamps d'Avallon, Traité de Saccharoles liquides et des Méliolés, suivi de quelques formules officinales et magistrales modifiés. Paris 1842.

Pereira schreibt: „.... the manufacture of sugar was flourishing near the celebrated school of medicine at Jondisabur... Persische Ärzte des 10. u. 11. Jahrhunderts, so Rhazes, Haly Abbas und Avicenna führten hier diese Medizin ein."

Gulichni Pisionis, Medici Amstelaedamensis führt in „De Indicae utriusque re naturali et medica 1658 p. 108 aus: „Medica Sacchari auxilia, quoniam maximam partem Europaeis cognita, paucis tantum sunt perstringenda...."

Eine Theorie möchte ich hier nicht ganz unterdrücken, die eventuell das Hereinziehen des Tabaschir in die Debatte erklärlich machen könnte. Für die arabischen Ärzte des 10. u. 11. Jahrhunderts war es immerhin fatal, daß das altbewährte Mittel Tabaschir, das sie selbst aus Indien und China für schweres Geld bezogen und noch schwereres verkauften, im Altertum unbekannt gewesen sein sollte. So liegt die Vermutung nicht fern, daß man zu **Reklamezwecken** die Stelle bei Dioscorides ausgegraben hat und für Tabaschir in Anspruch nahm.

Immerhin wäre es ungerecht, wollte man **einen** Zusammenhang, der zwischen dem Zucker, dem *Σάκχαρον*, dem „sal fragile", den Worten „si aqua dilutum bibatur" und den Bambusstauden besteht, nicht erwähnen. Wenngleich nur äußerlicher Natur, kann auch er vielleicht sein Teil zur Verwirrung beigetragen haben. In dem Zitat von Geiger habe ich mit Absicht eine Zeile ausgelassen, die da lautet:

„... mit Fäden **oder Bambusstreifen (die man daher auch häufig darin eingebacken findet) durchzogen sind.**"

Also Bambusstücke im Zucker!! Da kann man die Auslegung: „*Σάκχαρον*" mit „Bambus", „*μέλιτος*" mit „Tabaschir", „*καλάμων*" mit „Staude" immerhin leichter verstehen. Das „*ἁλρ*" ließ sich auf die „Krystalle" beziehen, das *ὠφελοῦν* des Dioscorides, das „Heilmittel", war auch gegeben. Wir sehen also, daß tatsächlich ein recht inniger Zusammenhang zwischen dem Zuckerrohr (resp. dem Kandiszucker) und der Bambusstaude besteht. Dieser wird sicher schon öfters irrtümliche Auffassungen bei den Völkern, zu denen der Kandiszucker exportiert wurde, hervorgerufen haben.

Zusammenfassung.

1. Unter Tabaschir versteht man nur die kieselsäurehaltige, im Innern der Halme resp. Stauden der Bambuseen abgeschiedene feste Substanz.

2. Dieses Tabaschir kommt, wie schon Hackel 1887 feststellt, in zwei Sorten im Handel vor: rohes und kalziniertes.

3. Die von Tschirch in seinem „Handbuch der Pharmakognosie" vertretene Ansicht, dieses Produkt sei in Tabaschir I und Tabaschir II zu trennen, ist unrichtig. Denn ein Tabaschir I

im Tschirch'schen Sinne existiert überhaupt nicht. Tschirch kann höchstens mit Tabaschir I den „Bambuszucker" (auch „Bambus-Manna" genannt) meinen. Die weiteren Ausführungen dortselbst beziehen sich überhaupt nicht auf das Tschirch'sche Tabaschir I, sondern auf Tabaschir II.

4. Die Ansicht von Tschirch, daß sein Tabaschir I (oder „Bambuszucker") noch jetzt in der orientalischen Medizin benutzt würde, aber selten geworden sei, trifft nicht zu, da der einzige Gewährsmann für Bambus-Manna — wie er schreibt — es **nur als Nahrungsmittel** (food) in Indien erwähnt.

5. Die Theorie über das Entstehen resp. die Beziehungen der beiden (zu Unrecht bestehenden) Tabaschire bei Tschirch berücksichtigt weder die indische Literatur noch die grundlegenden physiologischen Ansichten über Dialyse.

6. Die in Indien „Bambus-Manna" genannte Ausscheidung aus den Bambusstauden führt diesen Namen insofern mit Unrecht, als diese Substanz nicht den Stoff Mannit ($C^6H^{14}O^6$) enthält. Ich schlage deshalb vor, den bereits öfter gebrauchten Namen „Bambus-Zucker" hierfür definitiv anzuwenden.

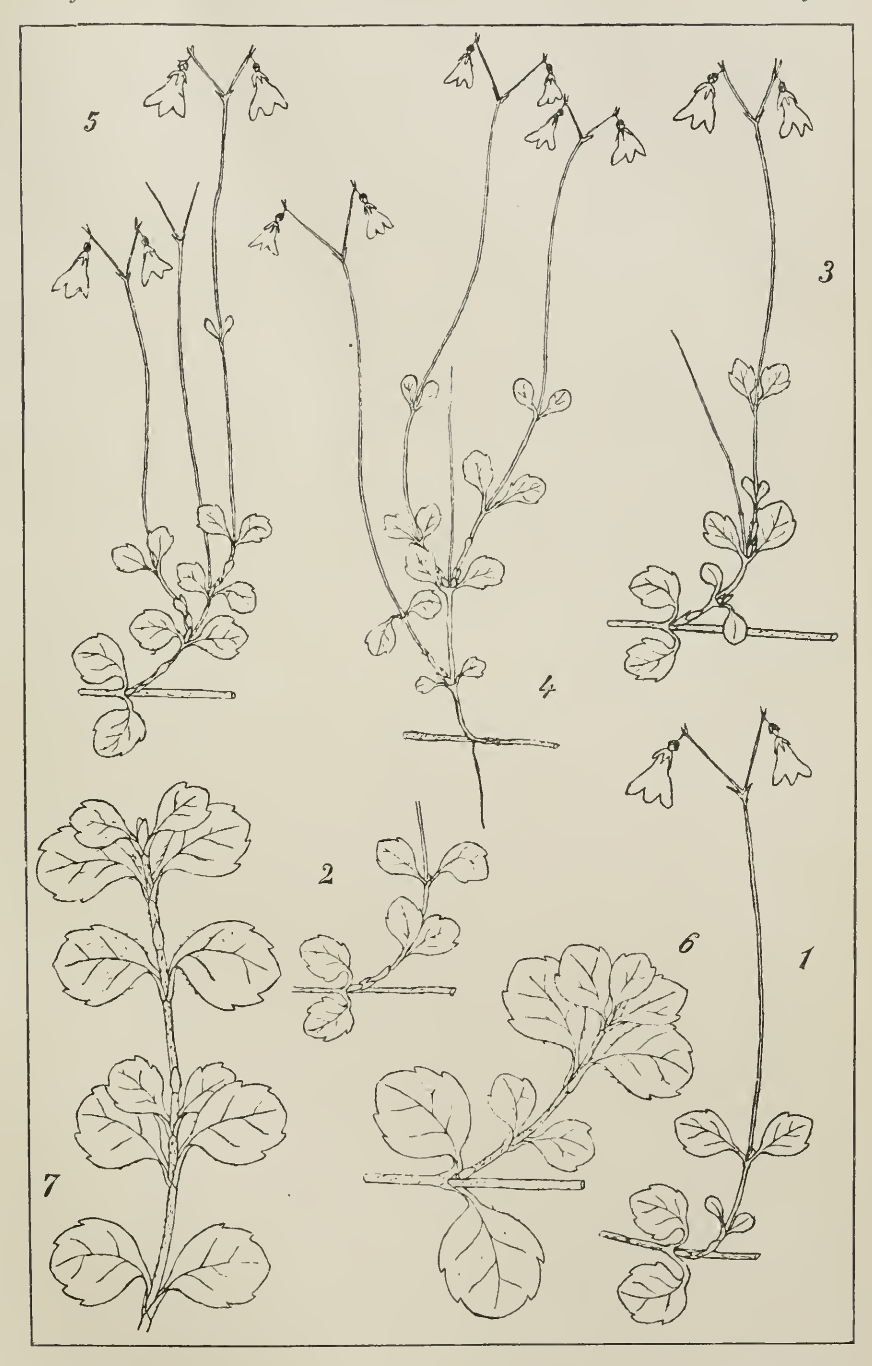
7. Wenngleich wir nicht völlig sichere Mitteilung über die Entstehung des „Bambus-Zuckers" haben, so ist doch die Annahme begründet, daß dieser durch äußere Ursachen, die Stiche von Insekten usw. hervorgerufen wird.

8. Die Bambusstauden sind teilweise wasserführend. Nach meinen Beobachtungen in Siam hängt dies in vielen Fällen sicher mit dem Substrat, karrigem Kalkboden, zusammen.

9. Die Ansicht, daß die alten Griechen und Römer unter „Σάκχαρον" und „Saccharum" das „Tabaschir" verstanden, läßt sich nicht aufrecht halten. Ersteres war nichts anderes als der Rohrzucker und seine Produkte, zu denen auch der äußerst wertvolle, gleichfalls offizinelle Kandiszucker gehörte.

10. Die in dem Kandiszucker gefundenen Bambusstücke sind als ein Ersatzmittel für Fäden beim Herstellen dieser Substanz benützt worden, ohne sonst genetisch in irgendeiner Beziehung zu *Saccharum officinarum* L. zu stehen.

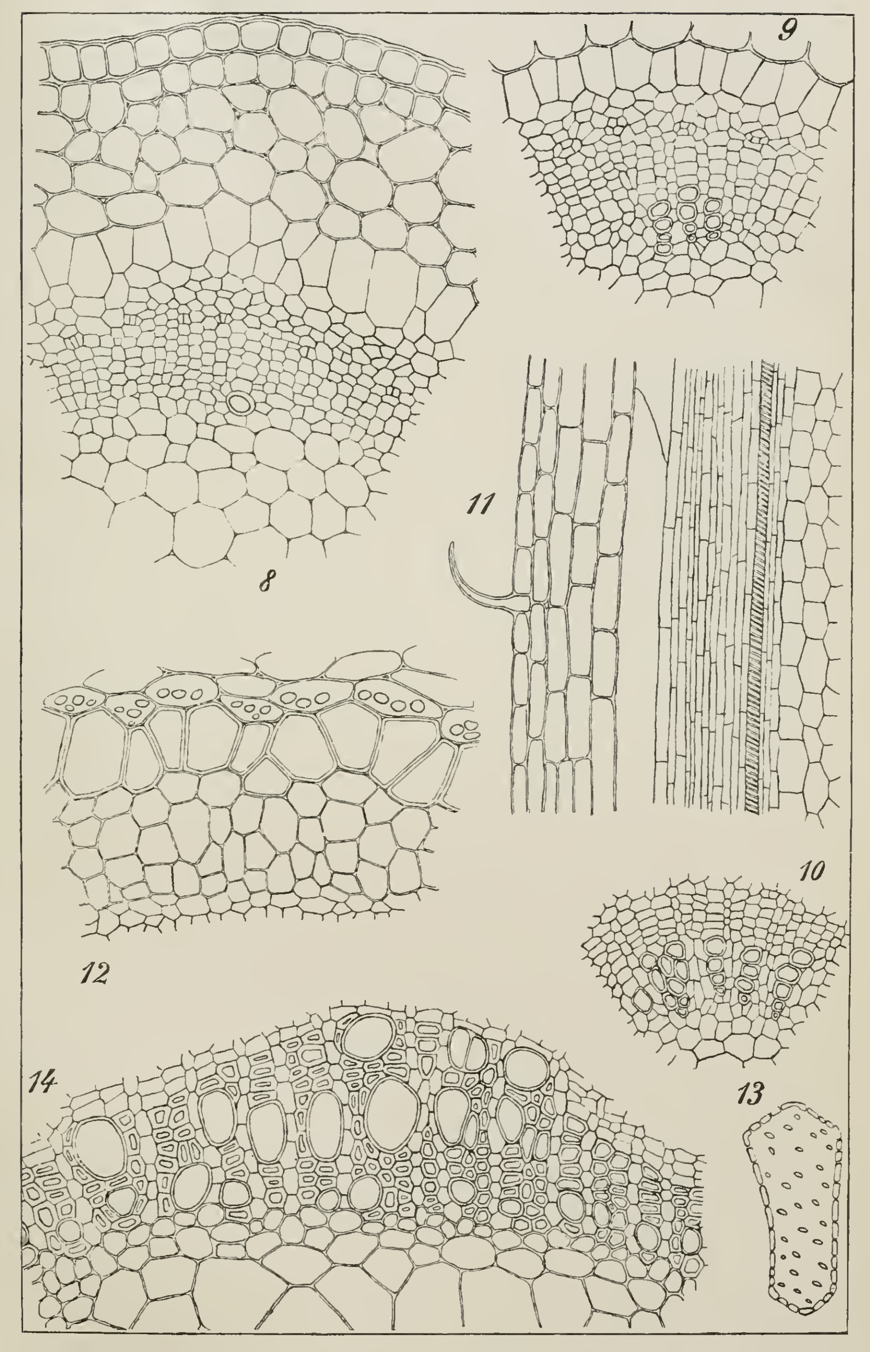




Emil Giger.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.

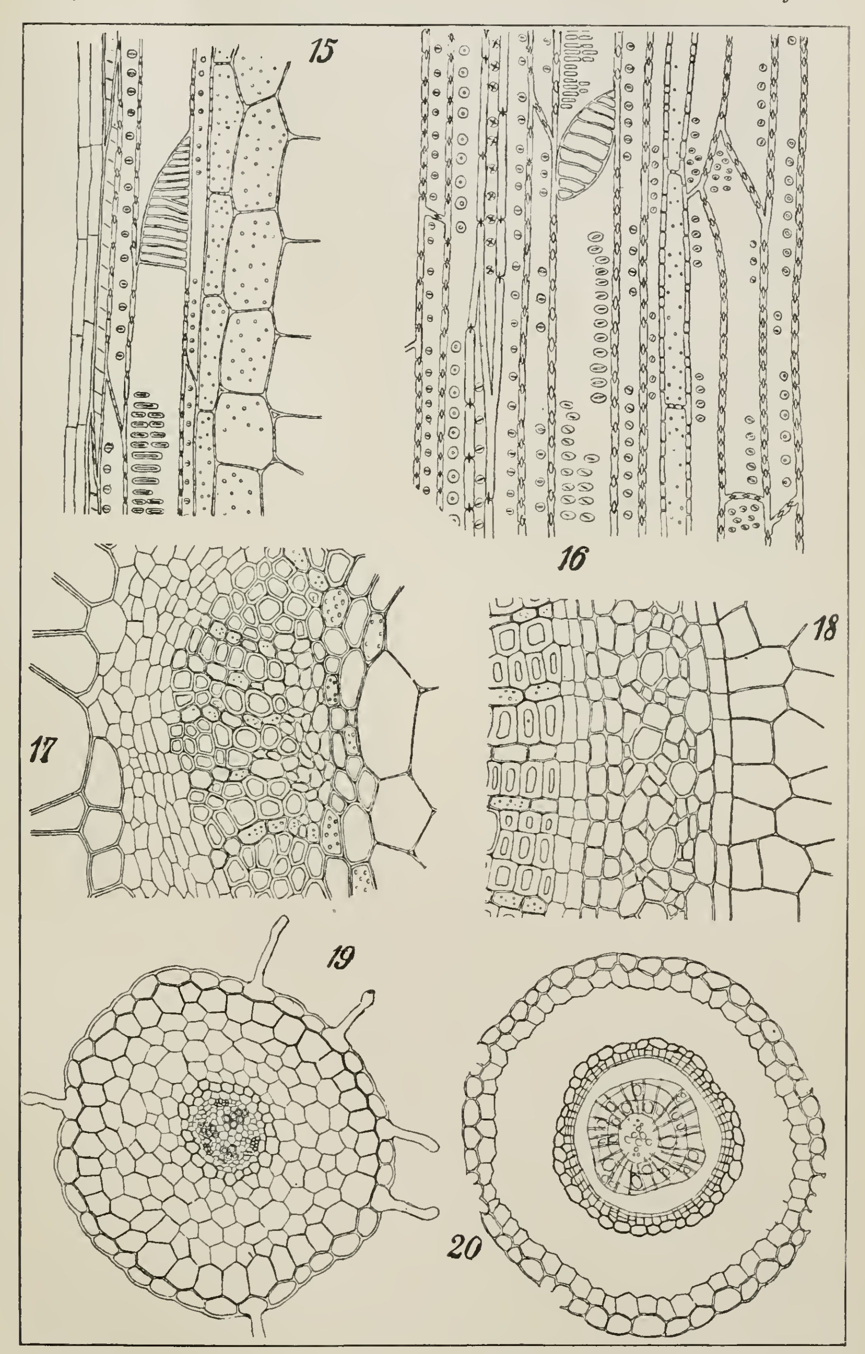




Emil Giger.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.

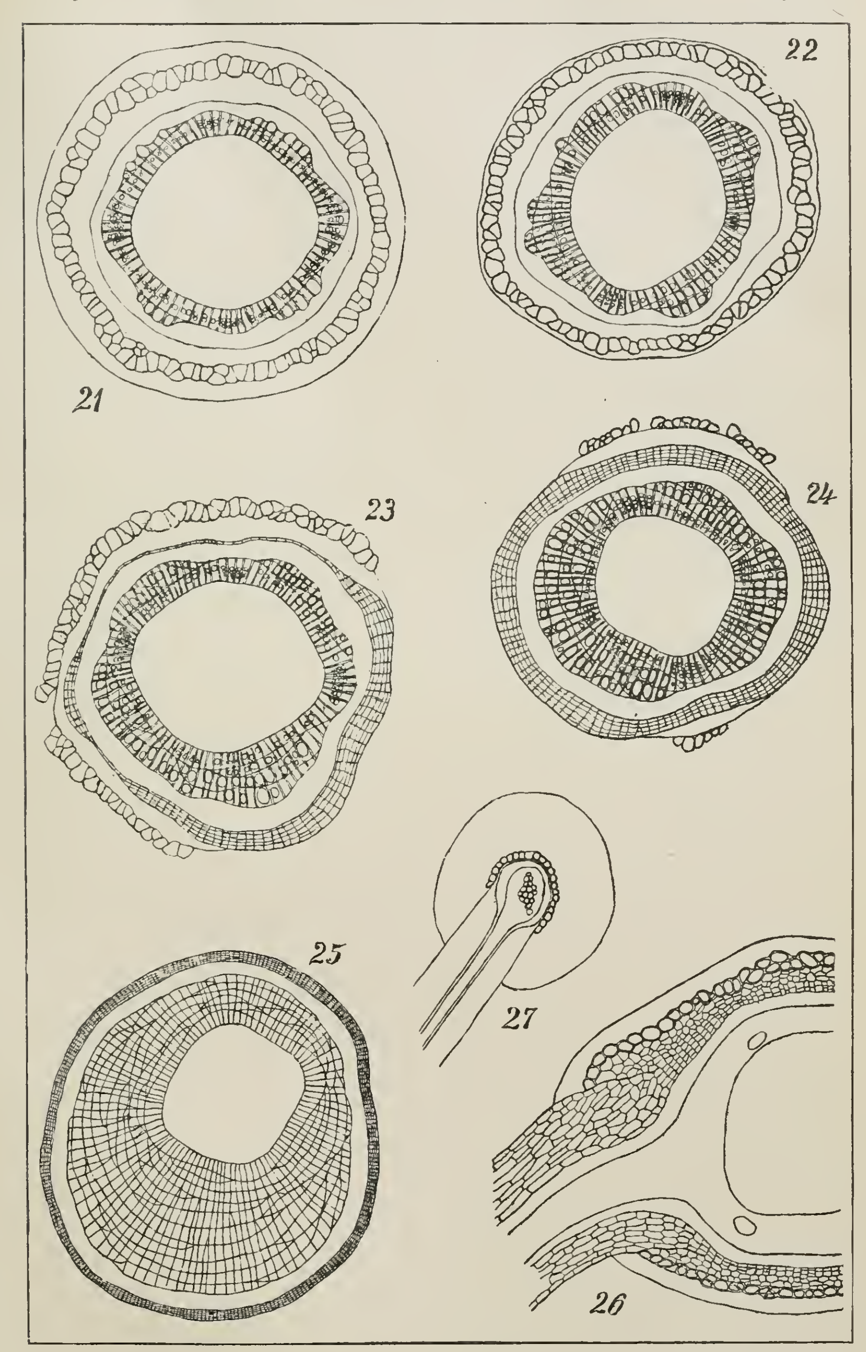




Emil Giger.

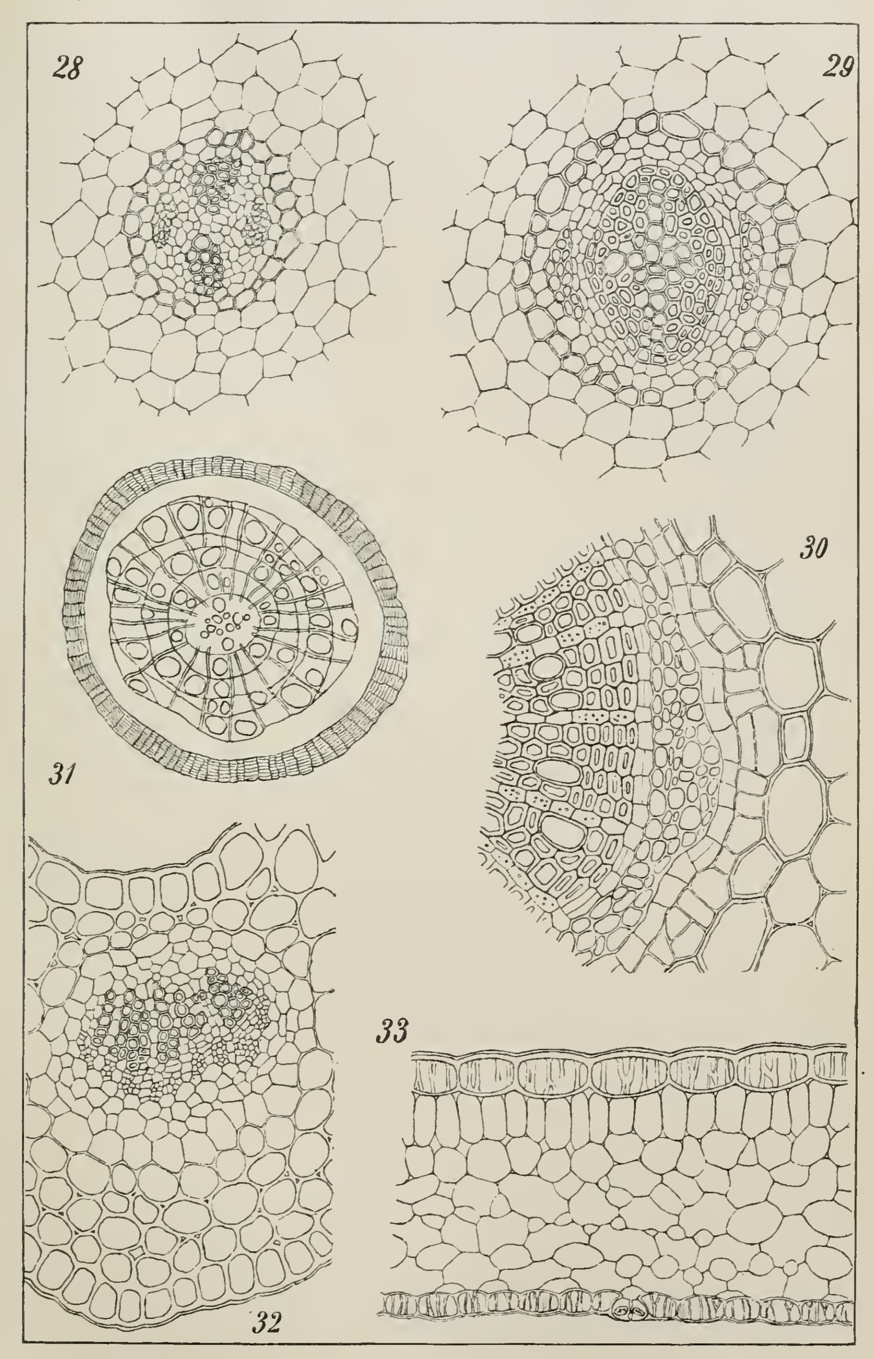
Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





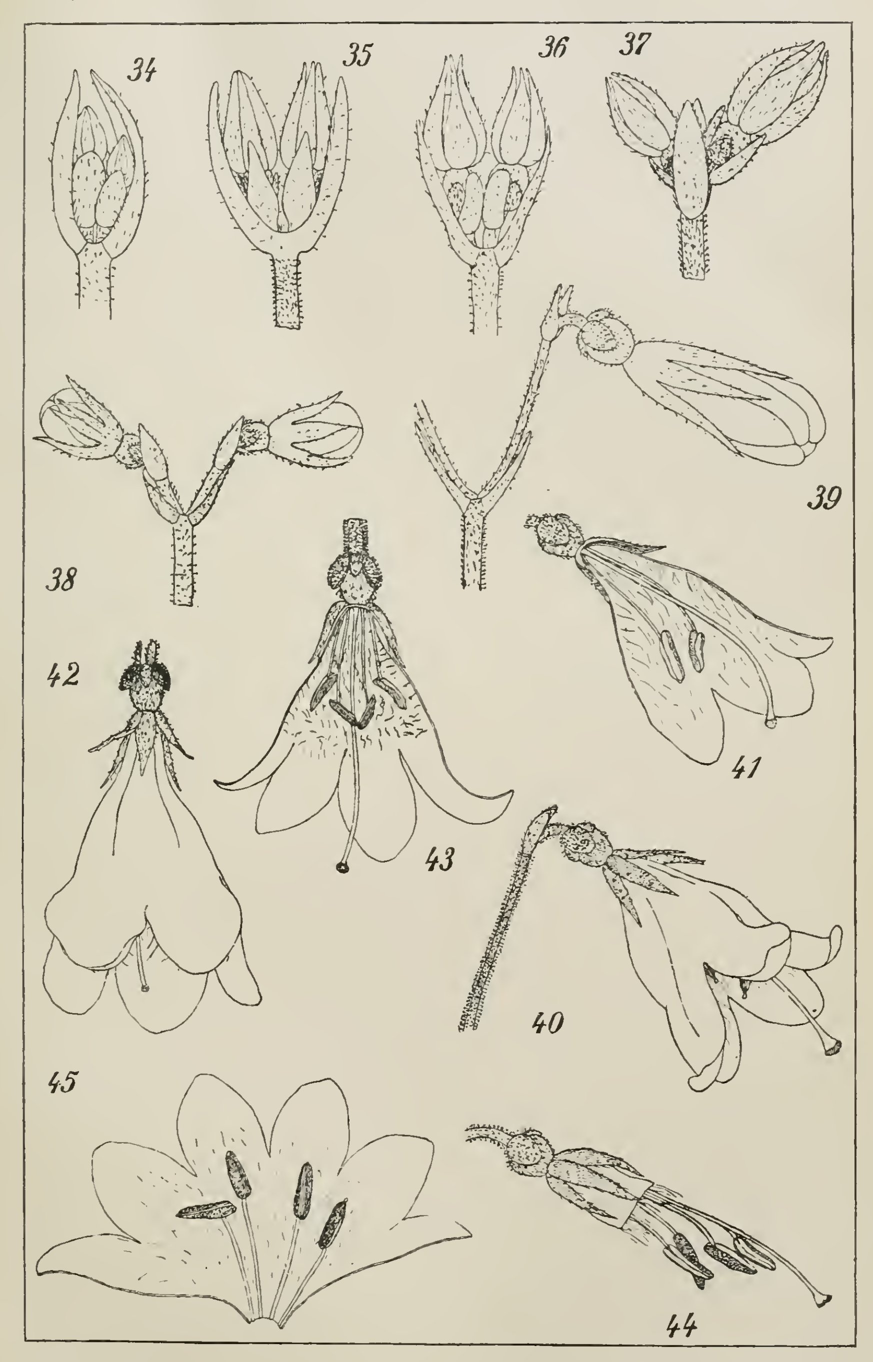
Emil Giger. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





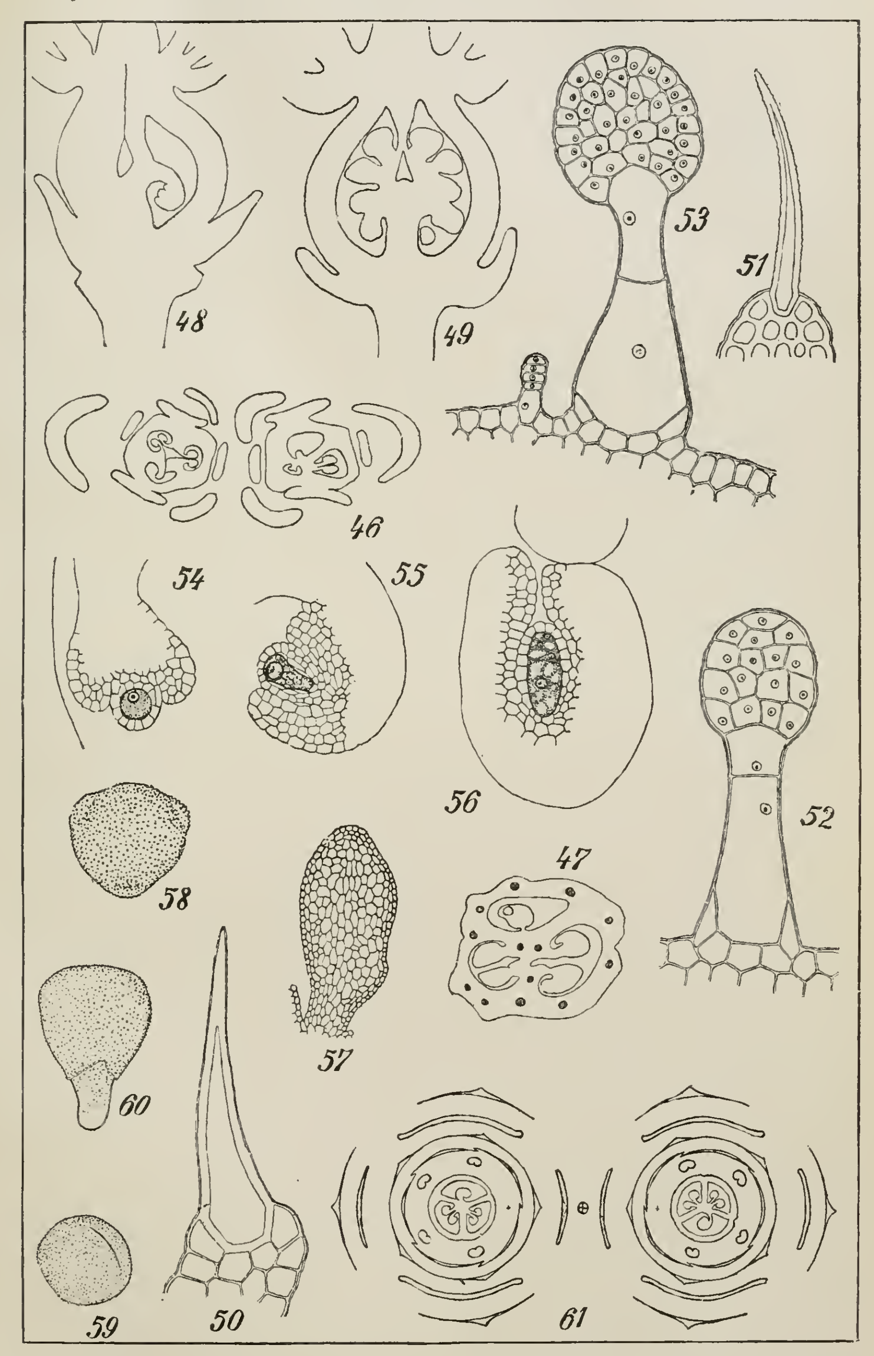
Emil Giger. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





Emil Giger. Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.

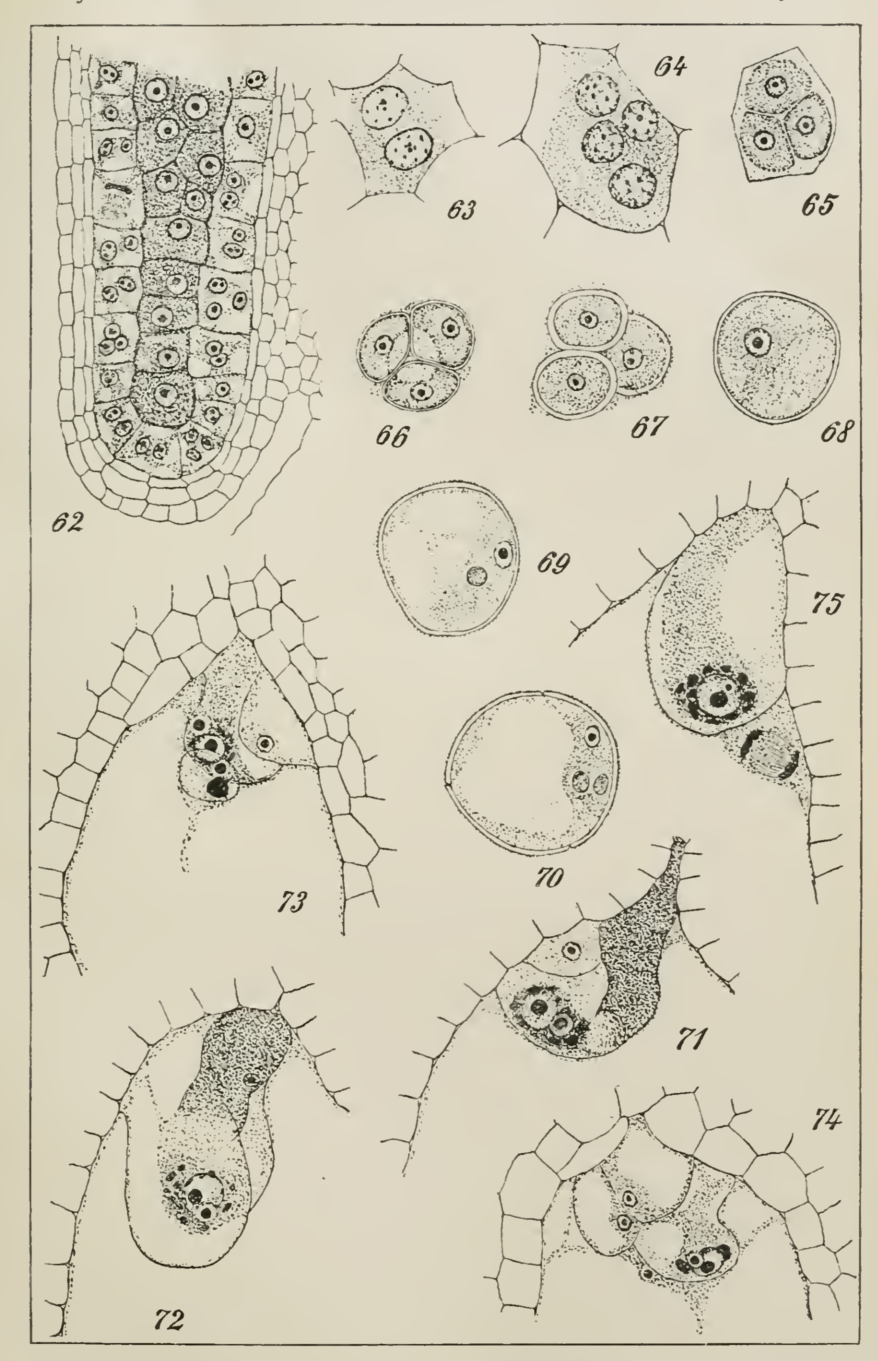




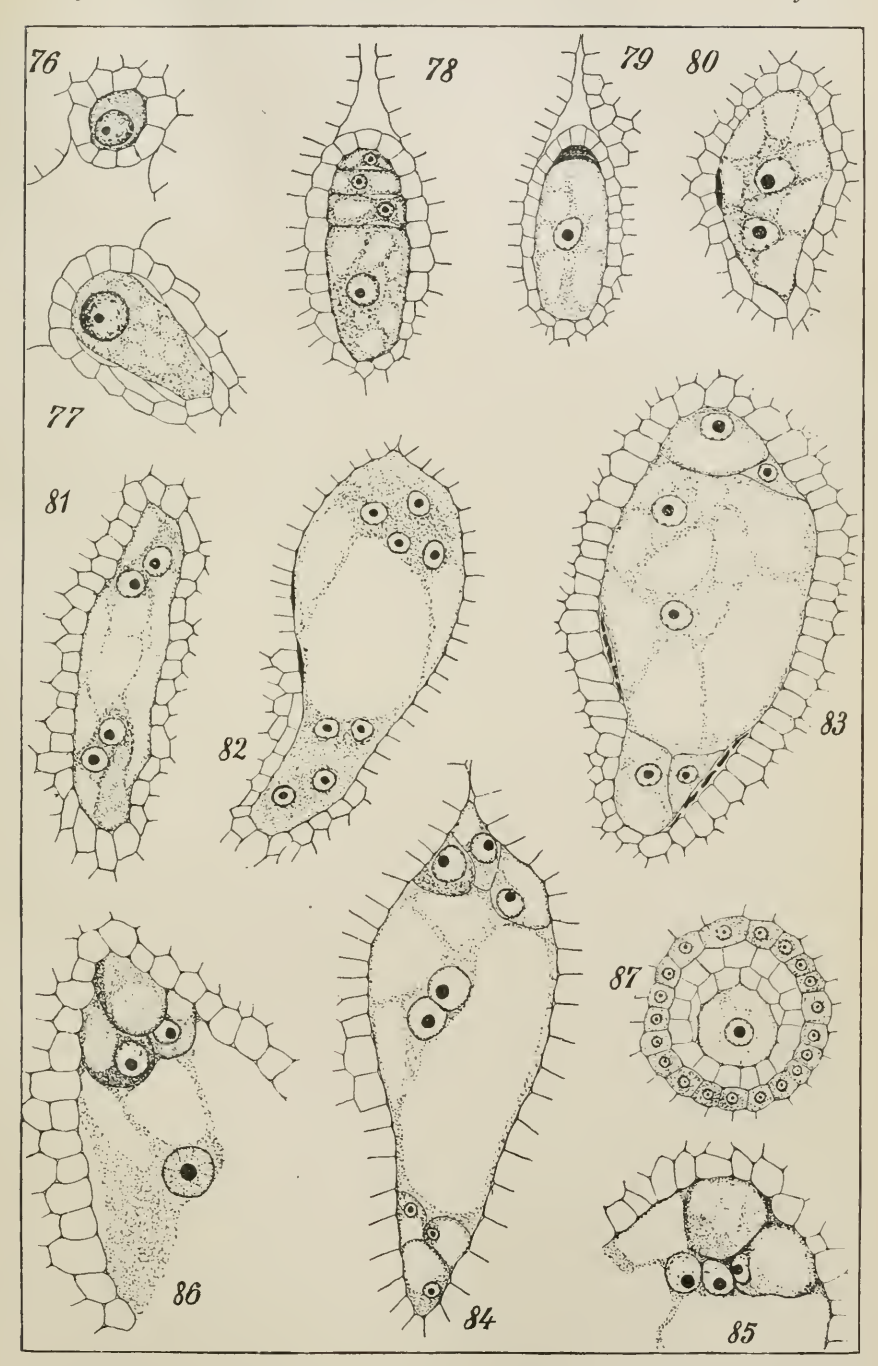
Emil Giger.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.




62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75

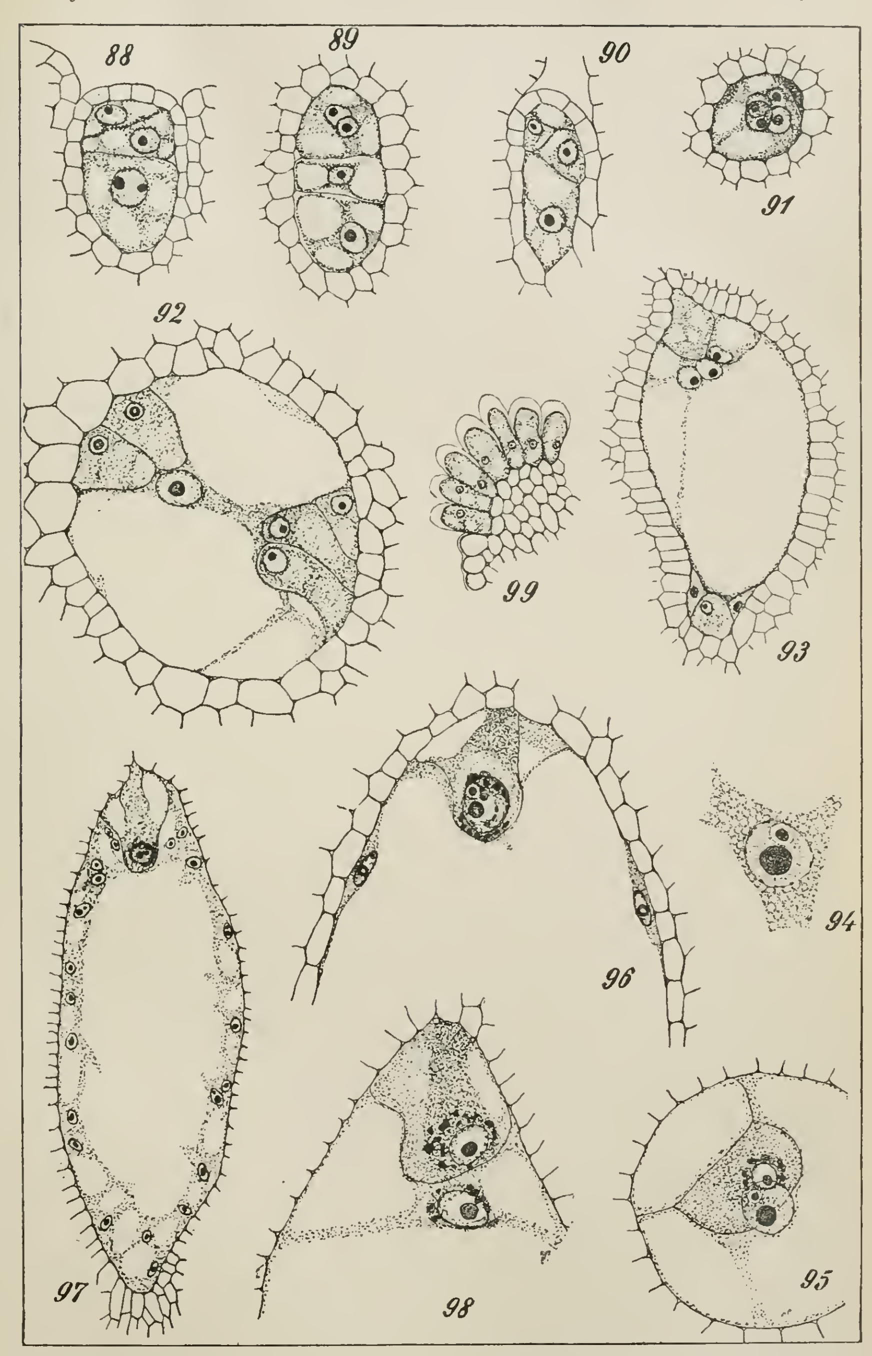




Emil Giger.

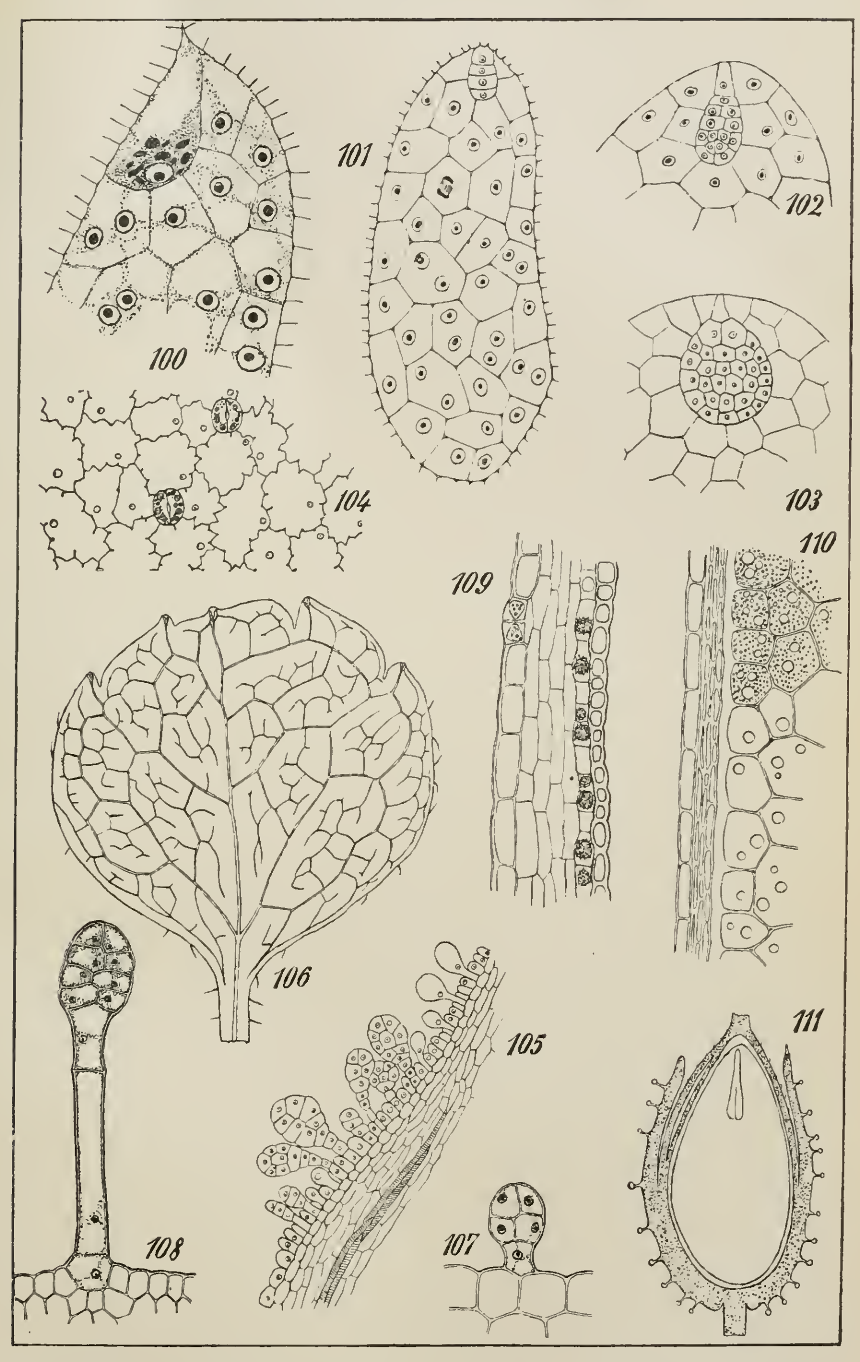
Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





Emil Giger. *Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.*





Emil Giger.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin

unter Mitwirkung von

Prof. Dr. Hans Schinz in Zürich.

Band XXX.

Zweite Abteilung:
Systematik, Pflanzengeographie, angewandte Botanik etc.

Heft 2.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Ausgegeben am 5. Juli 1913.

Inhalt.

Die Beiträge erscheinen in zwangloser Folge. Jeder Band umfaßt 3 Hefte. Preis des Bandes **M. 16.—.**

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen oder direkt vom Verlage C. Heinrich, Dresden-N.

Zusendungen von Manuskripten und Anfragen redaktioneller Art werden unter der Adresse: Geh. Regierungsrat Professor Dr. O. Uhlworm, Berlin W., Hohenzollerndamm 4, mit der Aufschrift „Für die Redaktion der Beihefte zum Botanischen Centralblatt“ erbeten.

Beiträge zur Gramineen-Systematik.

(Fortsetzung aus Bd. XXIX. Abt. II. S. 127—146.)

Von

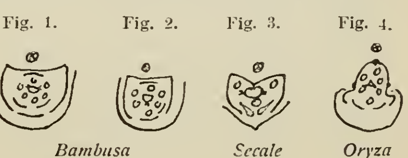
Ernst H. L. Krause in Straßburg i. E.

Mit 7 Abbildungen im Text.

IV.

Das Diagramm von *Bambusa* und die sogenannte Vorspelze.

An einem Blütenstandsableger einer *Bambusa* (§ *Eubambusa*) fand ich die Einzelblüten oft innerhalb desselben Ährchens verschieden. Das in Fig. 1 wiedergegebene Diagramm boten nur wenige, dennoch erscheint es mir als das morphologisch normale. Es zeigt um den Fruchtknoten sechs Staubgefäße und drei Lodikel in gewöhnlicher Stellung. Außerdem kommt ein bei unseren Gräsern nie gesehenes Blatt vor, welches zwischen den beiden freien Rändern der Vorspelze steht. Es hat dieselbe Konsistenz wie diese Spelze, ist mehr oder weniger grün, viel größer und derber als die Lodikel. Die vorderen, paarigen Lodikel sind in dieser vollständigen Blüte schmal, kaum breiter als Staubfäden. Einige Blüten zeigen dasselbe Diagramm, jedoch ohne das eigentümliche Blatt in der Vorspelzenlücke. In diesem Falle sind die paarigen Lodikel breiter. Verhältnismäßig oft fand ich das in Fig. 2 wiedergegebene Diagramm. Die Blüte macht zunächst den Eindruck, als seien die beiden typischen vorderen Lodikel sehr ungleich entwickelt. Die Stellung der Staubgefäße läßt aber erkennen, daß die größere dieser beiden scheinbaren Lodikel dem Blatte entspricht, welches in Fig. 1 in der Vorspelzenlücke steht, und daß eine der beiden echten vorderen Lodikel fehlt.



In Eichlers Blütendiagrammen zeigt *Bambusa* vier vordere Lodikel und von Staubgefäßen nur die drei des äußeren Kreises. Eine solche Blüte habe ich nicht gefunden. Übrigens finde ich auch in der Roggenblüte nicht die vier von Eichler

gezeichneten Lodikel, welche paarweise unter sich und mit der Vorspelze verwachsen sein sollen, sondern ich sehe das Diagramm so, wie es Fig. 3 wiedergibt.

Nach meiner Meinung ist das ungewöhnliche Blatt meines Bambusadiagramms weiter nichts als das vordere Blatt des äußeren Perigonkreises. Und die beiden hinteren Blätter dieses selben Kreises sind miteinander verwachsen und bilden die sogenannte Vorspelze. Es ist schon öfter, früher besonders von Robert Brown und neuerdings von Goebel, behauptet, daß die sogenannte Vorspelze ein Perigonblattpaar sei. Und wir haben im vorderen Kelchteile von *Plantago lanceolata* ein vollkommenes Homologon eines solchen zweinervigen Doppelblattes. Dennoch hält die herrschende Schule an der Auffassung Roepers fest, daß die Vorspelze ein Vorblatt mit unterdrücktem Mittelnerv sei. Bei *Oryza* und einigen anderen Sippen soll dieser Mittelnerv noch vorhanden sein. *Oryza sativa*, deren Diagramm Fig. 4 wiedergibt, hat allerdings außer zwei Seitennerven einen einfachen Mittelnerv in ihrer Vorspelze. Aber bei der nahverwandten *Zizania aquatica* fand ich den Mittelnerv zuweilen aus zwei deutlich geschiedenen Gefäßbündeln zusammengesetzt, andere Male war eins dieser beiden Bündel mehr oder weniger verkümmert, und zuweilen war überhaupt nur eins zu finden. Auch bei *Anthoxanthum odoratum* kommt neben dem einzigen durchlaufenden Nerv der Vorspelze der Stumpf eines zweiten vor. Deshalb vermute ich auch bei *Oryza sativa*, daß der einfache Mittelnerv dadurch zustande gekommen ist, daß der zweite Nerv eines ursprünglichen Paares restlos verschwand. Die Oryzavorspelze wäre also eigentlich viernervig. Deutlich viernervig sind die Vorspelzen bei der oben geschilderten *Bambusa*, bei *Psamma* und bei manchen Formen von *Triticum*. In einer Bambusablüte fand ich übrigens die Vorspelze mit dem einen Rande des präsumierten vorderen äußeren Perigonblattes am Grunde verwachsen.

Die *Bambuseae* sind selbst in so wissenschaftlichen Werken wie Engler-Prantls Natürlichen Pflanzenfamilien nur durch ihren Habitus charakterisiert. Die Einzelschilderungen der Gattungen lassen innerhalb der Sippe große Verschiedenheiten erkennen, und vielleicht bildet diese gar keine systematische (d. h. phylogenetische) Einheit.

Von meiner *Bambusa* habe ich leider keine Früchte gesehen, keine Blüte hat solche angesetzt. Der Blüte nach erscheint *Eubambusa* wenig differenziert. Immerhin sind die Lodikel schon stärker reduziert als bei *Olyra*, bei welcher die beiden vorderen durch eine deutliche Gliederung in eine netzaderige „Platte" und einen paralleladerigen „Nagel" ihre Blumenblattnatur noch kundtun.

Zweizellige Haare sind bei *Bambusa* vorhanden, z. B. an den Rändern der Deckspelzen.

V.

Brachypodium und *Frumentum*.

Innerhalb der Sippe *Frumentum*, wie ich sie im 73. Bd. des „Botanischen Centralblattes" aufgestellt habe, sind von den alten Kleingattungen am besten *Agropyrum* und *Hordeum* zu unterscheiden, hauptsächlich durch folgende Merkmale:

1. *Agropyrum* hat mehrblütige Ährchen, *Hordeum* einblütige.
2. *Agropyrum* trägt an jedem Spindelknoten ein Ährchen quer zur Hauptachse, *Hordeum* deren drei längs der Achse.
3. *Agropyrum* hat an jedem Ährchen die beiden gewöhnlichen Hüllspelzen, bei *Hordeum*[1]) ist die erste fehlgeschlagen, die zweite vollkommen zweiteilig.

Von diesen Unterschieden ist der erste morphologisch unbedeutend. Allerdings steht empirisch fest, daß die meisten Grasarten in bezug auf die Blütenzahl in ihren Ährchen recht beständig sind. Und die systematischen Übersichten der ganzen Familie zeigen sogar innerhalb ganzer gattungsreicher Triben übereinstimmende Blütenzahlen. Aber dies System ist künstlich. Wo natürliche Verwandtschaft eingehender studiert ist, bei wichtigen Kultursippen, da ist das Merkmal der Blütenzahl schon entwertet. Insbesondere sind schon von vielen Forschern Arten mit mehrblütigen Ährchen (*Elymus*) zu *Hordeum* gestellt worden.

Der zweite Unterschied, die Zahl und Stellung der Ährchen, ist, abgesehen von seltenen Fällen, die man als pathologisch abtun kann, beständig, so lange wie man ihn als durchschlagend anerkennt, d. h. so lange, wie man grundsätzlich daran festhält, daß keine einzelährchige Art zu *Hordeum* und namentlich keine drillingsährchige zu *Agropyrum* gestellt wird. Sobald wir diesen Circulus vitiosus durchbrechen, verliert das in Rede stehende Merkmal seinen Unterscheidungswert.

Elymus arenarius bildet im freien Lande Bastarde mit mehreren typischen *Agropyren*. Besser kann seine Blutsverwandtschaft mit dieser Sippe gar nicht bewiesen werden. Sollte jemand die Hybridnatur von *Triticum strictum* und *acutum* nicht anerkennen wollen, dann hätte er doch eben in ersterem ein morphologisches Übergangsglied zwischen *Elymus* und *Agropyrum* und käme folgerichtig zum gleichen Schlusse. *Elymus arenarius* stimmt mit *Agropyrum* überein durch seine mehrblütigen Ährchen und typischen Hüllspelzenpaare, von *Hordeum* hat er nur die Verzweigungsweise, doch auch die nicht ganz, denn gewöhnlich wird das Mittelährchen an jedem Ährenknoten unterdrückt, und nur die zwei seitlichen werden entwickelt. Ich finde an recht reichlichem Material von *Elymus arenarius* und einigen Pflanzen von

[1]) Vgl. Hochstetter, Flora. XXXI. p. 124 und Julius Schuster, Flora. C.

Elymus junceus überhaupt keinen Ährchendrilling, wie auch Reichenbach und Hegi von *Elymus arenarius* nur paarweise sitzende Ährchen abgebildet haben. Hin und wieder finde ich nur ein Ährchen am untersten Knoten, das steht dann quer zur Achse wie ein Weizenährchen.

Ährchenpaare an den Ährenknoten, das heißt aufs äußerste verkürzte Ährenzweige, die statt eines terminalen Ährchens zwei laterale hervorbringen, sehen wir in der Regel auch bei *Asprella hystrix*. Zum Unterschiede von *Elymus* sind die Stielchen etwas länger, und die Hüllspelzen schlagen meist ganz fehl. Wenn eine Gluma vorhanden ist, so steht sie nach Art der lateralen (distalen) Glumahälfte eines Hordeumseitenährchens als fadenförmiges Gebilde unter der Breitseite des Ährchens (alterniert also scheinbar mit der Palea). Wenn *Asprella* zwischen den beiden typischen Ährchen einen mehrährchigen Zweig bildet, dann trägt dieser die Ährchen lateral, so daß sie zur Hauptachse der Ähre ebenso orientiert sind, wie das normale Ährchenpaar. Und wenn ein Knoten nur ein Ährchen trägt, steht es auch mit der Deckspelze seiner ersten Blüte der Ährenachse zugewandt.

Es ist also die Stellung der Gluma zum Ährchen und diejenige eines einzeln sitzenden Ährchens zur Achse bei *Elymus* so wie bei *Agropyrum*, aber bei *Asprella* so wie bei *Hordeum*.

Die Sippe *Cuviera* ist bei uns durch *Elymus europaeus* vertreten, welcher sich von *Hordeum* durch weiter gar nichts unterscheidet, als dadurch, daß die Ähre mit einem Endährchen abschließt. Der *Elymus propinquus* des botanischen Gartens hat öfter nur zwei Ährchen am Knoten und in den Ährchen mehrere Blüten, steht demnach der *Asprella* näher.

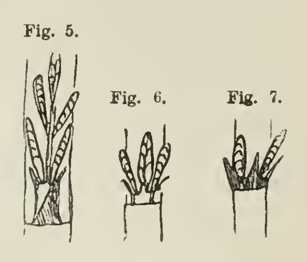
Wenn man also die Frumentumsippe in Anlehnung an *Agropyrum* und *Hordeum* systematisch und natürlich aufteilen will, muß man den Weg einschlagen, der schon von Hochstetter im 31. Jahrgang der Flora S. 118 vorgezeichnet und von Fisch und Krause in der Flora von Rostock begangen wurde, nämlich die alte Gattung *Elymus* teilen, so daß *arenarius, junceus* usw. zu *Agropyrum* kommen, dagegen *europaeus, propinquus* usw. gleichwie *Asprella* zu *Hordeum*. Es fragt sich nur, ob das Merkmal der Ährchenstellung und Glumabildung durchgreift; die Analogie von *Festuca* und *Lolium* spricht dagegen. Und es ist auch schon ein Analogon der *Festuca loliacea* beschrieben worden, nämlich *Agropyrum repens* × *Hordeum secalinum*, welches ich leider nie gesehen habe.

Zum Verständnis der Ährenverzweigung und Ährchenstellung gewinnt man einen Beitrag aus der Untersuchung rispiger *Brachypodien*, welche gar nicht so selten zu sein scheinen. Bei Straßburg habe ich an verschiedenen Standorten Halme von *pinnatum* gefunden, die aus einiger Entfernung sehr an *Bromus inermis* erinnern. Einzeln zeigt auch *silvaticum* Anfänge rispiger Verzweigung.

Vorweg muß ich darauf hinweisen, daß der morphologische Unterschied zwischen typischem *Brachypodium* und *Agropyrum*

nur darin besteht, daß der Ährchenstiel bei ersterem reichlich 1 mm lang, bei letzterem meist auf ein schwielenähnliches Rudiment reduziert ist. Indessen ist bei *Agropyrum caninum* doch oft ein kurzer Stiel in der Achsel eines Deckblattrudimentes deutlich zu sehen. Von *Bromus*[1]) bleibt rispiges *Brachypodium* unterschieden durch seine behaarten Lodikel und die Stellung der Narben auf dem Gipfel des Fruchtknotens. Behaarte Lodikel sind, soviel ich bisher gesehen habe, für die ganze Frumentumsippe charakteristisch, d. h. für alles was in Aschersons Synopsis unter *Triticum* und *Hordeum* steht, und *Brachypodium* läßt sich von dieser Sippe nur künstlich scheiden.

Bei verzweigtem *Brachypodium pinnatum* stehen Zweige und Ährchen folgendermaßen: Die Hauptachse trägt am Knoten ein kleines Hochblatt, in dessen Achsel einen Zweig, der unmittelbar über dem Grunde jederseits ein Ährchen in der Achsel eines kleinen Blattes, weiter oben einige alternierende Ährchen ohne Deckblatt und schließlich ein Endährchen hat, wie in Fig. 5 skizziert ist. Das Endährchen dreht der Hauptachse eine Breitseite zu, wie es die normalen Einzelährchen bei *Brachypodium* und *Agropyrum* tun, die Seitenährchen stehen analog zu dem sie tragenden Zweige, also zur Hauptachse in der Stellung wie die seitlichen Ährchen von *Elymus* und *Hordeum*. Zuweilen streckt sich der Zweig nicht, dann sitzt nur neben dem normalen Brachypodiumährchen jederseits ein Ährchen in Elymusstellung, wie Fig. 6 zeigt. Fig. 7 zeigt einen Fall, in welchem das normale Ährchen völlig unterdrückt ist. Wir sehen zwei von je einem Deckblatte gestützte Ährchen in Elymusstellung und zwischen ihnen ein taubes Deckblatt. Dies letztere ist das Deckblatt des Zweiges, von welchem die beiden seitlichen Deckblätter und Ährchen entsprungen sind. Der Fall liegt dem normalen Verhalten von *Elymus arenarius* vollkommen homolog, auch bei diesem ist nicht selten das Zweigdeckblatt deutlich entwickelt, das Mittelährchen in der Regel unterdrückt, und die Seitenährchen sind bei ihm zuweilen 1 mm lang gestielt. Von *Asprella, Cuviera* und *Hordeum* bleibt immer der Unterschied, daß die Hüllspelzen in gewöhnlicher Weise stehen, und daß ein sitzendes Mittelährchen, sobald es entwickelt wird, sich quer zur Hauptachse stellt.


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Brachypodium, Elymus s. s. und *Agropyrum* bilden zusammen eine ebenso natürliche Sippschaft wie *Hordeum, Cuviera* und *Asprella*. Letztere kann man getrost noch *Hordeum* nennen, erstere nenne ich *Agriopyrum*. Es bleiben von der Frumentumsippe nun noch übrig *Triticum, Secale, Haynaldia, Eremopyrum* und *Aegilops*. Von diesen sind *Triticum, Aegilops* und *Secale*

[1]) Näher als *Bromus* dürfte *Ampelodesmus* mit *Frumentum* verwandt sein. (Beih. z. Bot. Centralbl. Abt. II. Bd. XXVII. p. 419.)

physiologisch nah genug verwandt, um Bastarde zu bilden. Morphologisch stehen sie *Agriopyrum* näher als *Hordeum.* Von eigentlichem *Agropyrum* unterscheiden sie sich buchmäßig durch die Deckspelze, welche bei *Agropyrum* über einem schwielenähnlichen Grunde eine Querfurche hat, bei *Aegilops* und *Triticum* dagegen in der Regel vom Grunde her gleichmäßig gewölbt erscheint. Die *Agropyrum*furche ist bei *Elymus* deutlich, bei *Brachypodium* immerhin stark angedeutet, also eine Eigenschaft der ganzen Agriopyrumsippe. Aber sie ist auch bei *Triticum dicoccum, Secale cereale* und *montanum* manchmal sichtbar. Bei allen Agriopyren zerfallen die Ährchen so, daß jede Frucht von ihrer Deck- und Vorspelze umhüllt bleibt. Die Hauptachse der Ähre ist meist zäh, bei mehreren Arten, z. B. *junceum,* zerbricht sie, bevor die einzelnen Ährchen auseinanderfallen. Die Ährchen brechen unmittelbar unter den einzelnen Knoten, die Ähren unmittelbar über denselben. Am Ährchenbruchstück liegt das Achsenstück der Vorspelze an, am Ährenbruchstück bildet es sozusagen einen Basalfortsatz. Bei *Triticum, Aegilops* und *Secale* dagegen zerbrechen die Ährchen nicht, die Ähren dagegen häufig. Die Früchte keimen entweder aus dem heilen Ährchen oder sie fallen völlig frei aus. Die Ähren brechen beim Emmer, Einkorn, Judenkorn (*dicoccoides*) nebst mehreren *Secale-* und *Aegilops*-Arten in derselben Weise wie bei *Agropyrum junceum,* dagegen beim Spelz und einigen *Aegilops*-Sippen (*cylindrica*) in der Weise, wie bei *Agriopyrum* die Ährchen brechen. Das einzige Merkmal, welches die erweiterte Weizensippe von den Agriopyren scheidet, ist also ihre zähe, nicht brüchige Ährchenachse. Entwickelungsgeschichtlich wird man alle einfachen Achsen als ursprünglich zäh ansprechen und ihre Gliederung in Bruchstücke als Spezialisierung auffassen dürfen. In dieser Hinsicht erscheint demnach *Triticum* einfacher und ursprünglicher organisiert als *Agriopyrum.*

Haynaldia unterscheidet sich von *Secale* eigentlich nur dadurch, daß man ihr einen anderen Namen gegeben hat. Die Ähren zerbrechen wie beim Emmer und Einkorn.

Eremopyrum wird in den meisten Systemen und Floren zu *Agropyrum* eingezogen, habituell erinnert es in manchen Arten an *Haynaldia* und *Secale.* Die Querfurche über dem Grunde der Deckspelze ist deutlich, sie ist aber auch bei *Secale montanum* und wenigstens manchmal bei *Triticum dicoccum* angedeutet. *Eremopyrum orientale* hat brüchige Ähren, die Bruchstellen liegen wie bei *Haynaldia* usw. über den Knoten. Die Ährchenachse ist ziemlich zäh, wenn sie bricht, tut sie es an gut ausgereiftem Material in der Weise wie bei *Agropyrum.*

Eremopyrum cristatum hat zähe Ährenachsen. Die Ährchen brechen unmittelbar über der Gluma oder über der ersten oder zweiten Blüte aus. Die Internodien sind hier so kurz, daß für die Bruchstelle keine Wahl bleibt. Im oberen Teile der Ährchen sind die Internodien länger und nicht leicht brüchig, doch ist hier meist eine Gliederung nach Art der Agropyrumährchen sichtbar,

und oft ist hier eine glatte Bruchfläche zu bekommen. *Eremopyrum* steht also durch seine morphologischen Merkmale dem *Agropyrum* recht nahe, obwohl einige dazugehörige Arten habituell viel mehr an *Haynaldia* und *Secale* mahnen.

Bei Emmer, Judenkorn, Einkorn, *Secale fragile* und *Haynaldia* findet man beim Zergliedern eines reifen Ährchens das Korn frei zwischen den Spelzen, während es bei Quecken, Sandhafer (*Elymus*) und *Eremopyrum* fest mit der Vorspelze verbunden ist. Die Art und Weise, wie Hackel in Engler-Prantls natürlichen Pflanzenfamilien *Agropyrum* mit *Eremopyrum* vereinigt und von *Secale-Haynaldia-Triticum* geschieden hat, scheint darnach die einzige Möglichkeit zu bleiben, den nach der Ausscheidung von *Hordeum* verbleibenden Frumentumrest systematisch zu teilen, ohne gegen die Natur zu verstoßen. Darnach bleiben auf einer Seite die Sippen, deren Ährchenachse zwischen Gluma und Vorspelze gegliedert ist, auf der anderen Seite die, deren Ährchenachse durchweg heil bleibt. Ob und wie die Hauptährenachse bricht, dieses Merkmal hat sich empirisch als sehr geringwertig erwiesen, auch das Auseinanderfallen der einzelnen Früchte des Ährchens hat für die Systematik an dieser Stelle weniger Bedeutung als die Abgliederung zwischen Gluma und unterster Palea. Das Freibleiben oder die Vereinigung von Korn und Vorspelze steht bei *Triticum*, *Secale* und *Haynaldia* einerseits und bei *Agriopyrum* und *Eremopyrum* andererseits in Korrelation mit dem Heilbleiben oder Brechen der Achse zwischen Palea und Gluma. Aber dieses Verhältnis wird von *Heteranthelium* durchbrochen. Von den tauben Ährchen dieses eigenartigen Grases abgesehen, brechen die Ährchen mit Achsenstücken ab wie bei Emmer u. a. Das Ährchen hat eine schmalblättrige Gluma ähnlich wie der Roggen, mit dem es auch darin übereinstimmt, daß regelmäßig zwei fruchtbare Blüten dicht übereinander, scheinbar nebeneinander sitzen, und über (zwischen) ihnen ein Stielchen mit Blütenrudimenten. Die Deckspelzen haben an der Basis keine Spur einer Agropyrumfurche. Die Ährchen zerbrechen nicht, stimmen also auch hierin mit *Secale montanum* und *fragile* und mit *Haynaldia* überein, aber das Korn haftet fest an der Vorspelze. *Heteranthelium* bildet also einen morphologischen Übergang zwischen *Eremopyrum* und *Secale*, die einander ohnehin so ähnlich sind. Andererseits erinnern die bauchigen Paleae und die Differenzierung der Ährchen in fruchtbare und taube an die *Triticum*-Sippe, speziell *Aegilops ovata*.

Als Urtypus ließ sich für die *Agriopyrum*-Sippe eine Pflanze vermuten, die den in Fig. 5—7 skizzierten verzweigten Brachypodien ähnlich war, desgleichen für die *Hordeum*-Sippe ein *asprella*-ähnlicher Typus mit entwickeltem Mittelährchen. Wir haben auch in der *Triticum*-Sippe eine Art, die stark dazu neigt, mehrährchige Blütenstandszweige zu bilden, das ist *Triticum turgidum*. Die echten Weizen haben überhaupt in ihrer Organisation etwas sehr Primitives, die Achsen sind noch nirgends zum Zerfall gegliedert,

die Körner nirgends mit den Spelzen verbunden, die Ährchen in ihrer Blütenzahl nicht beständig. Viele Forscher halten das für Atavismus —, nun auch dann ist für die ganze Sippe eine ähnliche Urform zu vermuten. Von weizenähnlichen Vorfahren lassen sich die in verschiedener Weise spezialisierten Aegilops-, Emmer-, Spelz- und Einkornformen ableiten, desgleichen *Heteranthelium. Haynaldia* und *Secale* stehen etwas ferner. Und mit ihnen könnte man eventuell die einjährigen Eremopyren in Verbindung bringen. Wahrscheinlicher ist mir doch, daß *Eremopyrum* einerseits und *Haynaldia-Secale* andererseits ihre Ähnlichkeit gleicher Anpassung verdanken.

Das natürliche System der Frumenten sieht also folgendermaßen aus:

Frumentum (s. v.).
● *Homoeopyrus.*
● ● *Agriopyrum.*
● ● ● *Brachypodium* — *Elymus.* (= *Leymus* Hochst.). — *Agropyrum.*
● ● ● *Eremopyrum.*
● ● *Eufrumentum* (*Frumentum* s. s.).
● ● ● *Triticum.* — *Aegilops.* — *Heteranthelium.*
● ● ● *Secale.* — *Haynaldia.*
● *Hordeum* s. v. (*Homoeocrithe*): *Asprella.* — *Cuviera* (= *Elymus* Hochst.). — *Hordeum.*

Aus dieser Zusammenstellung kann man mit gleichem Recht zwölf oder fünf oder drei oder zwei Gattungen oder deren nur eine ablesen, ohne daß eine andere Zahl ganz auszuschließen wäre. Denn die Zahl der Verwandtschaftsgrade im natürlichen System ist unendlich groß, und mit welchem dieser zahllosen Grade man den Begriff der Gattung verknüpfen will, das ist gänzlich von subjektivem Ermessen abhängig. Nur das verlangt das natürliche System, daß die in einer Gattung vereinigten Sippen untereinander näher verwandt sind als irgendeine von ihnen mit irgendeiner außerhalb der Gattung stehenden. Wenn es sich irgendwie, z. B. durch gelungene Kreuzung oder durch die Serumreaktion, herausstellt, daß eine gegebene Sippe mit einer im System von ihr getrennten näher verwandt ist als mit einer im System mit ihr vereinigten, dann hat das System einen Fehler, der ausgebessert werden muß. Es widerspricht dem natürlichen System, wenn *Elymus arenarius* in einen anderen Verwandtschaftsgrad zu *Agropyrum junceum* gestellt wird, als wie *Triticum hibernum* zu *Aegilops ovata.* Wenn die Mehrzahl der Verfasser von Lehrbüchern es gegenwärtig noch für zweckmäßig hält, *Elymus arenarius* wegen äußerlicher Ähnlichkeit zu *Hordeum* zu stellen und zwischen *Brachypodium* und *Agropyrum* einen großen Absatz im System zu machen, so sollte doch niemand verkennen, daß diese Rücksicht auf „pädagogische Zweckmäßigkeit" gleichartig ist mit der, welche bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts unseren höheren Schulen das Linnésche System vorgeschrieben hatte.

VI.

Dactylis glomerata und ihre Unterarten, insbesondere die elsässischen Formen.

Dactylis glomerata (Linné sp. pl. ed. 1); Schreber, Beschreibung der Gräser 1 S. 72 ff.; Schultz, Fl. Pfalz 545; Kirschleger, Fl. d'Alsace 2, 333; Döll, Fl. Großh. Baden 167. — **Gramen glomeratum** s. *Dactylis glomerata* m. Exkfl. 431. — Gramen spicatum folio aspero Casp. Bauhin Prodromos theatr. 9 inclus. var. in Catal. Basil. p. 6 notatis. — Gramen paniculatum, spicis crassioribus et brevioribus Mappus-Ehrmann Hist. pl. Alsat.

Die Vielförmigkeit dieser Linnéschen Art ist von Schreber gut beschrieben. Eine Aufteilung in mehrere Arten ist wiederholt versucht, aber immer daran gescheitert, daß auch die eigentümlichsten Formen durch Übergänge verbunden sind. *Dactylis glomerata* ist eben eine jener im Pflanzen- und Tierreiche so zahlreichen Sippen, die sich systematisch ungefähr verhalten wie *Homo sapiens*. Man nennt sie Sammelarten (auch Gesamtarten). Wo es gelungen ist, eine solche Sammelart phylogenetisch aufzuklären, da ist das Ergebnis allemal das gewesen, daß sie aus zwei oder mehreren Ursippen und deren mannigfachen hybriden Nachkommen hervorgegangen ist. Hinter dieser Lösung steht dann freilich die weitere Frage, wie diese Ursippen entstanden waren. Aber zunächst dürfen wir von jeder Sammelart vermuten, daß sie in letzter Instanz aus einer Vereinigung, nicht aus einer Scheidung entsprang. Aufgabe des Systematikers ist demnach das Herausfinden der Ursippen aus dem Formengemenge der Sammelart. Hilfe bei dieser Forschung sollten wir bei der Palaeontologie, der Archaeologie und in der Literatur finden. Tatsächlich haben diese Hilfsfächer bisher fast nur den Zoologen genützt und auch denen fast nur in der Systematik des Menschen und seiner Haustiere. Von allen anderen Verhältnissen abgesehen, liegt das mit daran, daß wir vermöge unserer eigenen Organisation den systematischen Wert von übereinstimmenden und unterscheidenden Merkmalen bei Säugetieren viel sicherer schätzen als bei niederen Tieren und Pflanzen.

Das übliche Herbarmaterial ist zur systematischen Entwirrung von Sammelarten nicht brauchbar, es besteht zumeist aus vielen Einzelexemplaren, die an verschiedenen Örtlichkeiten aus dem dort vorhandenen Formenkreise entnommen sind. Mancher Sammler hat ein auffälliges Exemplar ausgewählt und die vorherrschende Form gar nicht eingelegt, weil die ja gemein war. Ein anderer hat Typen ausgesucht, aber nicht den Typus des Standortes, sondern den einer wissenschaftlichen Abbildung, die ihrerseits nach dem ersten besten Exemplar gezeichnet war. Wenn man eine botanische Frage mit Hilfe eines Herbariums lösen will, kommt man nur dann zum Ziel, wenn dieses bereits während des Sammelns ins Auge gefaßt war. Noch viel unzuverlässiger

als Herbarien ist das lebende Material botanischer Gärten, da über die Herkunft der Pflanzen selten Zuverlässiges zu erfahren ist.

Im Elsaß und dessen Nachbargegenden habe ich die folgenden beiden Haupttypen von *Dactylis* unterschieden.

1. **ciliatum.** — **Dactylis ciliata** (Opitz) Döll Fl. Großh. Baden 167 unter *glomerata*. — **D. glomerata** *β* **hirta** Marßon Fl. Neuvorpommern 576.

Wuchs in dichten Rasen. Blattscheiden mit aufwärts gerichteten Haaren oder von meist aufwärts gerichteten Höckerchen rauh. Rispenäste oftmals stark zusammengezogen, zuweilen nur ein zusammengesetztes Knäuel bildend (wie Rchb. Ic. 363); andere Male sind die untersten Äste länger, tragen dann aber ihre sämtlichen Knäuel an der Spitze gehäuft. Ährchenknäuel etwa 11 mm lang und 10 mm breit, fast immer violett überlaufen. Untere Hüllspelze meist einnervig, obere meist zwei- oder dreinervig, an der nach vorn gewandten Seite noch zwischen Seitennerv und Rand eine Strecke grün oder violett. Deckspelzen oft kurzhaarig, seltener nur von zerstreuten Höckerchen rauh, auf den Kielen mit borstigen Wimpern, welche meist so lang sind, wie die Spelzenhälfte breit ist. Erste Deckspelze im Ährchen einschließlich der Granne 6 mm lang. Staubbeutel violett. Einzeln vorkommende grüne Pflanzen mit blassen Staubbeuteln fallen als Variationen auf.

2. **lobatum** — **Dactylis glomerata** *γ* **lobata** Marßon Fl. Neuvorpommern 576; Lange, Haandbog i den danske Flora 4. Udg. 100; Prahl, Krit. Fl. v. Schleswig-Holstein II, 257.

Lockerrasig, dunkelgrün, 6 bis 13 dm hoch, aus aufsteigendem Grunde aufrecht. Die Kurztriebe treiben im Spätsommer viele Adventivwurzeln, geraten im Winter unter die Bodenoberfläche, ihre verwitterten vielknotigen Reste bilden im Sommer ein wagerechtes, totes Anhängsel des neuen Rasens. Ausläufer kommen niemals vor. Blattscheiden aufrecht-abstehend behaart, seltener kahl. Spreiten 30 und mehr cm lang, Blatthäutchen 8 mm lang. Rispen locker, an hohen Halmen nickend, ihre untersten Äste oft mit einem oder zwei grundständigen Zweigen und außerdem nahe übereinander, so daß ganze Zweigbüschel am Rispengrunde entstehen. Die Quellpolster am Ursprung der Äste deutlich. Ährchenknäuel etwa 12 mm lang und 4 mm breit, weißlichgrün. Ährchen zwei- bis vierblütig. Untere Hüllspelze einnervig, seltener zweinervig. Obere Hüllspelze meist zwei- oder dreinervig. Beide nur längs des Nerven oder zwischen den einander genäherten Nerven grün, im übrigen farblos häutig. Hüll- und Deckspelzen an den Kielen fein rauh, ohne längere Wimpern, sonst ziemlich glatt. Erste Deckspelze im Ährchen 4,5 bis 5 mm lang, ohne deutliche Granne, meist stachelspitzig. Staubbeutel gelb.

Excludenda: D. hispanica, die Schultz Fl. Pfalz bei uns finden möchte, könnte höchstens als Einschleppsel auftreten. Sie ist in typischer Form, wie Rchb. Ic. 362, von unseren beiden Unterarten verschiedener, als diese voneinander, aber nach

Boissier Fl. Orient. 5, 596 doch auch nur eine forma non rite definita intermediis ad typum (glomeratum) transiens.

D. Aschersoniana Issler in Mitteil. Philomath. Gesellsch. 2, 269, von Graebner testiert, zwischen Ensisheim und Pulversheim an einem feuchten Waldwege gesammelt, habe ich nicht gesehen. Höchst wahrscheinlich gehört sie zu meinem *lobatum*, denn dieses kommt dort vor. Und die Pflanze der Berliner Flora, vom Finkenkrug bei Nauen, die allgemein als echte *Aschersoniana* gilt, ist auch *lobatum*. Aber nach der Originalbeschreibung der *Aschersoniana* (Synopsis S. 381) hat diese einen kriechenden Wurzelstock, dünne, bis 10 cm lange Ausläufer, lebhaft hellgrünes Laub, glatte Scheiden, nicht geknäuelte Rispen, Rispenäste ohne Quellpolster, sechsblütige Ährchen, dreinervige untere und obere Hüllspelzen, bis über die Mitte gespaltene Staubbeutel und ein osteuropäisches Wohngebiet. Ich habe eine derartige *Dactylis* nie gesehen.

Verbreitung der Typen (Unterarten). — **Ciliatum** ist auf dem Schweizer Jura eins der häufigsten Gräser der besseren Matten, auch auf der Schwäbischen Alb verbreitet und häufig. Im Elsaß bewohnt es die sommerdürren Wiesen und Raine der Ebene, insbesondere die sogenannten Riedmatten und die Kiesflächen im Gebiete des Rheinwaldes. All diese Standorte haben kalkreichen Boden und sind sonnig. Das Gras kommt aber auch im Schatten des Hagenauer Waldes vor, wo es dann nicht violett überlaufen, sondern grasgrün erscheint. In Mitteldeutschland wächst *ciliatum* z. B. auf dem Habichtswald bei Kassel. Aus dem Norden habe ich westfälische, braunschweigische, holsteinische und mecklenburgische Exemplare, endlich auch eins aus Mähren. — **Lobatum** ist verbreitet in den Wäldern längs der Ill und ihrer Nebenarme, außerdem habe ich es in Lothringen und bei Apenrade gesammelt, von mehreren Seiten aus der Berliner Gegend (Finkenkrug) und durch Herrn Hans Stiefelhagen aus dem Plauenschen Grunde bei Dresden als *Aschersoniana* erhalten. Die meisten Standorte sind schattige Wälder, deren Boden neben unserem Grase *Arum maculatum, Allium ursinum* u. dgl. trägt. Auf trocknen Lichtungen bildet die Form viel größere, dichtere Rasen, verliert die Behaarung der Scheiden, wird gelblichgrün, und die Halme kümmern. Der ursprüngliche Platz der Pflanze sind wohl nasse Lichtungen, Stellen, an denen der Wald an Versumpfung leidet, denn dort wächst sie am üppigsten.

Viel häufiger als eine der reinen Unterarten findet man sogenannte Übergangsformen. Es geht mit den mitteleuropäischen *Dactylis*-Beständen ebenso wie mit den mittelamerikanischen Völkern —, man findet die ursprünglichen Rassen noch als Individuen oder kleinere oder größere Gruppen heraus, aber vieles ist Mischvolk. *Ciliatum*ähnliche Formen sind allgemein verbreitet, sie wachsen im Elsaß im Illwald, am Rheinufer und anscheinend sonst überall. Sie überwiegen im preußischen Saargebiet, an der Unterweser, in Holstein, Mecklenburg, Brandenburg, und mein amerikanisches Exemplar gehört auch dazu. Die meisten dieser Formen haben kürzere oder lückenhafte Kielwimpern an den

Spelzen, oft rauhe Blattscheiden mit meist abwärts gerichteten Höckerchen und im Vergleiche mit typischem *Ciliatum* schlankere Ährchenknäuel und eine mehr grüne Färbung. Es kommen auch ausgesprochen glauke Exemplare vor. Aus solchen *ciliatum*-ähnlichen Formen besteht in der Regel das Knäuelgras oder Orchardgras der Landwirte. Und wenn man im Kulturlande einzelne Individuen von morphologisch echtem *Ciliatum* findet, kann man nie wissen, ob es nicht ein Rückschlag aus einer Mischform ist.

*Lobatum*ähnliche Formen sind im urbaren Lande und auf Kulturwiesen selten. Im Elsaß habe ich sie nur an den Rändern der Ill- und Rheinwälder, namentlich an buschigen Ufern getroffen, ebenso bei Speier. In diesen Formenkreis gehört *Dactylis glomerata* b. *decalvata* Döll Fl. Großh. Baden 167 der Beschreibung nach, desgleichen eine in Böhmen als *Dactylis Aschersoniana* kultivierte Pflanze aus dem Sagorskischen Tauschverein. Anscheinend gehört hierher eine hochhalmige Form mit dünnen Ährchenknäueln, grundständigem Zweige am untersten Rispenaste und blassen Antheren, die sich aber durch behaarte und gewimperte und deutlich begrannte Spelzen auffällig von *lobatum* unterscheidet. Sie wächst bei Kassel auf dem Habichtswald in Gesellschaft von *ciliatum*, während ich *lobatum* dort nicht sah.

Vor 300 Jahren waren die Grenzen zwischen den beiden alten Dactyliden im oberrheinischen Gebiete noch weniger verwischt als heute. Kaspar Bauhin sagt von seinem Gramen spicatum folio aspero im Catal. Basil. p. 6: Variat ... floribus, qui apud nos pallide lutei, in pratis montium frigidorum subrubei sunt. Das violett überlaufene *ciliatum* ist auch gegenwärtig noch für die Wiesen auf dem Schweizer und Schwäbischen Jura charakteristisch, aber so gefärbte, zum Teil auch sonst typische Formen sind in der Ebene nicht mehr selten.

Deutlicher als bei *Dactylis* läßt die botanische Literatur den Zusammenfluß zweier älterer Arten zu einer jüngeren bei **Phleum** erkennen. Vom Ende des sechzehnten bis zum Anfange des neunzehnten Jahrhunderts unterscheiden die oberrheinischen Floristen die beiden Arten, welche Linné als *Phleum pratense* und *nodosum* in sein System aufnahm. Einer der ersten Systematiker, die diesen Unterschied verwischten, war Schreber, der in seiner Beschreibung der Gräser 1,102 sechs durch Übergänge verbundene Formen von *Phleum pratense* unterschied, zu welchem er *nodosum* einzog. Schrebers Beobachtungsfeld war die Leipziger Gegend, wo echtes *nodosum* vielleicht gar nicht vorkommt. Wenigstens stellt Schrebers Bild vom „Knolligten Lieschgras" nicht diese Form dar. Zu jener Zeit, um 1770, war „Timothy" schon „Modefuttergras", d. h. es war schon Samen von Kulturrassen zwischen die urwüchsigen Formen gebracht. Gegenwärtig sind die Mittelformen zwischen den beiden alten Typen durchweg, auch am Oberrhein, vorherrschend, und was man heute *Phleum pratense* nennt, ist meistens nicht die Pflanze, welche

Linné unter diesem Namen verstanden wissen wollte, sondern ein Mischling zwischen ihr und *nodosum*.

Eine durch Kultureinflüsse in ihrer Einigung wesentlich beschleunigte Sammelart ist auch *Triticum repens*. Im Elsaß lassen sich leicht zwei Urformen herausfinden, sie entsprechen dem *T. Leersianum* und *arvense* Schweigger et Koerte Fl. Erlang. I, 144; alles übrige ist Mischling oder Mutation.

Die besprochenen Sammelarten sind unter dem Einfluß der Kultur verhältnismäßig schnell entstanden, deshalb finden wir in ihrem Formengemenge die Urtypen noch neben den Mischtypen. Ältere Sammelarten sind viel schwerer aufzulösen, weil ihre ursprünglichen Komponenten manchmal gar nicht mehr leben. Ich erinnere aus dem Tierreich an *Bos taurus*, dessen einer Erzeuger *Bos primigenius* gewesen ist. Wenn uns in analogen Fällen die Archaeologie im Stiche läßt, und das tut sie oft genug, dann bleibt uns nichts übrig, als hypothetische Stammarten ins System einzuführen, wie es Zoologen und Anthropologen längst getan haben, und wie ich es für polymorphe Pflanzensippen im 81. Bande des „Botanischen Centralblatts" (Floristische Notizen X) bei der Erörterung von *Batrachium* vorgeschlagen habe.

Gattungs-Bastarde innerhalb der Familie der Alismaceen.

Von

Professor Dr. **H. Glück.**

Mit Tafel XII und XIII und 24 Abbildungen im Text.

Das Vorkommen von Bastarden ist bekanntlich ein beschränktes. In manchen Familien sind sie recht häufig, in anderen wieder sind sie selten, in wieder anderen fehlen sie ganz. Für die Familie der Alismaceen war bis heute kein Bastard mit Sicherheit bekannt. Wir finden weder in der bekannten Alismaceen-Monographie von Fr. Buchenau[1]), der ja bis jetzt der beste Alismaceen-Kenner war, noch auch in den Pflanzenmischlingen von W. O. Focke[2]) einen Bastard erwähnt.

Trotzdem gibt es einige vereinzelte Notizen über das Vorkommen eines Alismaceen-Bastardes. Durand und Pittier[3]) haben für die Schweiz einen Bastard zwischen *A. Plantago* und *A. ranunculoides* angegeben, und zwar für den Kanton Waad; eine Angabe, die von anderer Seite jedoch wieder in Frage gezogen wurde[4]). Außerdem aber findet sich für die Flora von Schottland (in C. W. Trails Flora von Perthshire) eine Angabe über das Vorkommen des gleichen Bastardes.

Weder Durand und Pittier noch auch Trail hat den angegebenen Bastard mit irgendwelcher Diagnose versehen. Ich selbst habe nun in den zwei letzten Jahren bei meinem Besuch von Großbritannien festgestellt, daß der von den genannten Autoren angegebene Bastard in Wahrheit existiert und nach zwei verschiedenen Richtungen hin ausgebildet sein kann. Diese Bastarde sind um so interessanter, da es sich um bigenerische

[1]) Buchenau, Fr., *Alismataceae* (A. Engler, Das Pflanzenreich. Leipzig 1903. Abt. IV).

[2]) Focke, W. Olbers. Die Pflanzenmischlinge. Berlin 1881.

[3]) Durand et Pittier, p. 243. Catalogue de la Flore Vaudoise (Bull. Soc. de Botan. de Belgique. Tome XXI. Bruxelles 1882). Als Standorte werden Poissine und Concise genannt, an welchen Plätzen übrigens auch der typische *Alisma ranunculoides* vorkommt. — Ich möchte noch bemerken, daß meine diesbezüglichen Nachforschungen in der Schweiz erfolglos geblieben sind. Die mir aus dem Herbar der Universität Neuchâtel durch Herrn Professor Dr. H. Spinner überschickten Schweizer Alismaceen enthalten nur *Alisma Plantago* und *Echinodorus ranunculoides*. Die durch Herrn Professor Dr. C. Schröter aus dem Züricher Herbar mir überschickte kritische Pflanze, die als *Alisma hybridum* oder *Alisma Plantago* × *ranunculoides* bezeichnet ist und von 3 Schweizer Lokalitäten (Auvernier am Neuenburger See, Concise und Onnens bei Grandton) stammt, ist nichts weiter als eine Landform des *Alisma Plantago var. lanceolatum*.

[4]) Ascherson hat in seiner Synopsis Bd. I p. 391 den Bastard mit einem ? versehen.

oder Gattungs-Bastarde handelt. Die zwei obengenannten *Alisma*-Arten müssen mit Rücksicht auf die gegenwärtige Klassifikation zwei verschiedenen Gattungen zugezählt werden. Als die Eltern der Bastarde ist dann *Alisma Plantago* einerseits und *Echinodorus ranunculoides* andererseits zu betrachten. Die Zahl der bis jetzt bekannten bigenerischen Bastarde ist eine recht kleine; auch sind dieselben bis jetzt überhaupt noch recht wenig studiert worden[1]).

Bekanntlich variieren die Bastarde mehr oder weniger innerhalb bestimmter Grenzen ganz entsprechend der jeweiligen Art ihrer Entstehung; und das gleiche gilt auch für die in Rede stehenden Bastarde. Es lassen sich da zwei Bastarde unterscheiden:

1. *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides*; es ist das eine Pflanze, die habituell dem *Alisma Plantago* näher steht als dem *Echinodorus ranunculoides*.
2. *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*; diese Form steht habituell dem *Echinodorus ranunculoides* näher als dem *Alisma Plantago*.

Ich schließe mich bei dieser Nomenklatur den allgemein üblichen Ansichten zahlreicher Autoren an, wie sie übrigens auch von H. de Vries und J. Klinge vertreten sind[2]).

Von anderer Seite ist bekanntlich der Vorschlag gemacht worden, man solle die Eltern und Bastarde stets in alphabetischer Reihenfolge aufführen[3]); es ist das aber deshalb schon unzweckmäßig, da man hieraus ja keine Anhaltspunkte für die Ausbildung der Bastarde gewinnen kann. Bevor wir zur Besprechung der Bastarde selbst übergehen, ist es nötig, die Stammeltern rasch zu charakterisieren.

Der Habitus von *Alisma Plantago* ist ja allgemein bekannt, weshalb ich mich kurz fassen darf. Die knollenförmige Grundachse erzeugt spiralig gestellte, langstielige Blätter, in deren Achseln sich vegetative Knospen bilden, welche der Vermehrung und Fortpflanzung dienen. Jedes Rhizom kann 1—3 langstielige, reichverzweigte Blütenrispen bilden, die im Umriß pyramidal sind und aus mehreren Stockwerken bestehen. An den Stengelknoten sitzen je 3 schuppenförmige Hochblättchen, welche mit den benachbarten Quirlen alternieren. Aus den 3 Blattachseln entspringen Blütenäste, die sich abermals verzweigen und aus der Achsel weiterer 3 zähliger und alternierender Quirle nunmehr die langgestielten Blüten erzeugen. Nicht selten jedoch tragen

---

[1]) Am häufigsten sind solche Bastarde in der Familie der Orchideen; sonst aber sehr vereinzelt. Speziellere Angaben über solche Bastarde finden sich bei J. Klinge (zur Orientierung der Orchisbastarde. Acta Horti Petropolitani Vol. XVII. 1899); dann in dem oben zitierten Werke von W. O. Focke; außerdem vergleiche man auch H. de Vries, Mutationstheorie. Bd. II. p. 70—71 u. 655.

[2]) Vries, H. de, Mutationstheorie. Bd. II. p. 10 mit Anm. 1. Klinge, J., l. c. p. 12—14.

[3]) Verh. d. internat. botan. Kongr. in Wien 1905. p. 222. Jena 1906 und Engler, A., Nomenklaturregeln für die Beamten des K. bot. Gartens und Museums in Berlin. (Notizbl. d. K. bot. Gartens 1897 Nr. 8.)

die Äste 1. Ordnung noch solche 2. Ordnung, die sich dann aber genau ebenso wie die Abstammungsachse verhalten. Die Zahl der an einem Stengelknoten „quirlförmig" sitzenden Blüten beträgt 2—6, seltener bis 8. Nach der von Fr. Buchenau ausgeführten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung ist die Verzweigung der Blütenäste eine wickelförmige.

Die Blüten des *Alisma Plantago* sind bekanntlich in Kelch und Krone differenziert. Die Kronblättchen sind weiß oder rötlich, vorn oft unregelmäßig gezähnelt. Die Zahl der Stamina beträgt 6. Die zahlreichen Carpelle sind so ungefähr in einen Kreis zusammengestellt; sie sind flach, rundlich und mit einem langen, aufrechten Griffel versehen (Fig. 3). Die Früchtchen sind scheibenförmig, rundlich und tragen auf der einen Seite stets noch einen kleinen Stummel des ehemaligen Griffels (Fig. 6). Sie schließen stets einen einzigen Embryo ein, der lose in der Fruchthöhlung liegt und an den mit Ammoniak oder Kalilauge behandelten Früchtchen durchschimmert. Die Embryonen sind hufeisenförmig gekrümmt und dunkelbraun. Außerdem siehe auch Form A und B in untiger Tabelle.

Etwas anders als *Alisma Plantago* verhält sich *Echinodorus ranunculoides* (siehe Tafel XIII Fig. A und B sowie Form F—I in untiger Tabelle). Das kurze, gestauchte Rhizom erzeugt auch da in spiraliger Anordnung die Laubblätter, die zum Teil als lineale Primärblätter, und zum Teil als langstielige und schmal-lanzettliche Folgeblätter ausgebildet sind. Die Blütenstände bestehen aus einem langen Stengel, der meist 1—2 Blütendolden trägt. 3 Dolden kommen noch ab und zu vor; 4 Dolden fand ich überhaupt nur ein einziges Mal[1]). Der betreffende Blütenstand war 27 cm hoch, trug etwa in der Mitte eine stattliche, nach allen Seiten hin strahlende Dolde, die außerdem auch noch 3 mit je einer kleinen Dolde versehene Äste trug. Jede Dolde enthält 4—24 langgestielte Blüten[2]). Im seichten Wasser (siehe Form F und G) sind die Blütendolden am umfangreichsten (bis zu 24); armselig jedoch bleiben sie auf dem Land (meist 4—7) oder im tiefen Wasser (4—8); siehe Form H resp. Form I. Mitunter kommt es vor, daß die Blütenstände am Emportauchen gehindert sind, dann findet wohl eine beträchtliche Streckung der Blütenstiele statt, während die Blütenknospen selbst sich nicht fortentwickeln (Form I der Tabelle). Nach der von Buchenau[3]) ausgeführten Untersuchung bleibt von den drei Hochblättchen, die unterhalb der Dolde sitzen, die eine Hochblattachsel steril; aber „in den Achseln der beiden anderen Hochblätter finden sich Einzelblüten (mit oder ohne schraubelige Auszweigung) oder

[1]) Das betreffende Exemplar stammte von Roque-Haute in Südfrankreich (Montpellier) und wuchs in ganz seichtem Wasser (9. Juni 1908).

[2]) Die hier gemachten Angaben beziehen sich auf die von mir in Anglesey und in Irland vorgefundenen Pflanzen. Nur ausnahmsweise beträgt die Zahl der Doldenstrahlen bis zu 29 (siehe H. Glück, Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse Bd. I. p. 81).

[3]) Buchenau, Fr., Beiträge zur Kenntnis der *Butomaceen, Alismaceen* und *Juncaginaceen* (Englers Jahrb. Bd. II. 1882. p. 475).

wirkliche Zweige des Blütenstandes mit einer neuen Etage; im letzteren Falle bildet die Fortsetzung der Hauptachse mit diesen beiden Zweigen eine scheinbare Dreiteilung."

Die Blüten des *Echinodorus ranunculoides* sind denen des *Alisma Plantago* ähnlich, aber doppelt so groß. Die Kronblättchen sind rundlich-triangulär, ganzrandig und weiß oder rötlich. Stamina sind auch da 6 vorhanden. Die Fruchtblättchen sind zahlreich und sitzen zu einem kugeligen Köpfchen zusammengruppiert einer Placenta an; sie sind verhältnismäßig klein, eiförmig, und nach oben zu in einen kurzen, schnabelähnlichen Griffel ausgezogen (Fig. 4). Die reifen Früchtchen (Fig. 7) sind länglich, oben mit einem Griffelrudiment versehen und lassen auf der Außenseite 5 stumpfe Rippen erkennen (Fig. 7 b). Die Embryonen sind auch da stets in der Einzahl vorhanden, hufeisenförmig gekrümmt und liegen lose in der Fruchthöhlung.

Wir können jetzt übergehen zur Besprechung der zwei obengenannten Bastarde selbst.

I. Alisma Plantago × Echinodorus ranunculoides.

(Tafel XII; Form C und D in untiger Tabelle.)

Diesen Bastard habe ich zum erstenmal kennen gelernt auf meiner letzten Reise nach England, und zwar auf der Insel Anglesey. Daselbst habe ich ihn in einem Moor nahe bei Holland-Arms zahlreich in einigen Wassergräben vorgefunden Die Wassertiefe betrug etwa 20—30 cm. In nächster Nähe des Bastards war außerdem *Alisma Plantago* nicht selten, während *Echinodorus ranunculoides* wohl auch in typischer Ausbildung vorhanden war, aber trotz vielfacher Nachforschung (ich habe dreimal das Moor durchsucht) nur an einer einzigen kleinen Stelle aufzufinden war.

Im Habitus ist *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides* dem typischen *Alisma Plantago* ziemlich ähnlich. Der stattliche Wurzelstock bildete zunächst mehrere langstielige Grundblätter, die eine große breit-eiförmige Spreite hatten, von demselben Habitus wie *Alisma Plantago* var. *latifolium* (confer Tafel XII). Die Blütenstände waren 60—110 cm hoch und trugen auf langen Stielen eine sehr stattliche, pyramidale Rispe, die in ihrer Hauptverzweigung derjenigen von *Alisma Plantago* gleich sah (siehe auch Form C und D in untiger Tabelle). Die Rispe setzte sich aus 5—10 Stockwerken zusammen und war bei manchen Exemplaren weit weniger verzweigt, als das sonst bei dem typischen *Alisma Plantago* zu sein pflegt; was auch bei dem auf Tafel XII abgebildeten Blütenstand, besonders in der oberen Hälfte, deutlich hervortritt. Offenbar handelt es sich da um einen Einfluß von seiten des *Echinodorus ranunculoides,* bei dem ja die Blütenstände aus einem Stengel bestehen, der oben mit 1—3 Dolden endigt (Tafel XIII Fig. II A und B).

Die an den Stengelknoten stehenden „Blütendolden" hatten ein recht verschiedenartiges Aussehen. Die einen waren armblütig, etwa 2—7 strahlig, ähnlich wie bei dem typischen *Alisma*

Maß-

			Herkunft	Standortsbeschaffenheit	Gesamthöhe des Blütenstandes	Stiel des Blütenstandes
Alisma Plantago	Seichtwasserformen	A	Insel Anglesey: Wassergräben in dem Moor von Holland-Arms. August 1912	Gräben mit seichtem Wasser	70—77 cm, Hauptachse mit 6—7 Stockwerken	25—45 cm
		B	Deutschland: Von vielen verschiedenen Stellen	Wassertiefe 10—80 cm	30—110 cm, Hauptachse mit 3—8 Stockwerken	—98 cm
Bastarde	*Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides*	C	Insel Anglesey: Wassergräben in dem Moor von Holland-Arms. August 1912	Gräben mit seichtem Wasser 20—30 cm tief	60—110 cm, Hauptachse mit 5—10 Stockwerken	43—60 cm
		D	Irland: Umgebung von Tuam, Turloch-Moor und zwischen Turloch-Moor und Tuam	Gräben mit seichtem Wasser	50—73 cm, Hauptachse mit 6—7 Stockwerken	38—43 cm
	Echinodorus ranunculoides × *Alisma Plantago*	E	Irland: Tuam. Herbarmaterial	Jedenfalls seichtes Wasser	81 cm	48,3 cm
Echinodorus ranunculoides	Seichtwasserformen	F	Irland: Zwischen Tuam und Turloch-Moor	Gräben mit seichtem Wasser, zirka 10—15 cm tiefes Wasser	28—39 cm mit 1—2 Blütendolden	19—26 cm
		G	Insel Anglesey: Moor von Holland-Arms	Zirka 20—30 cm tiefes Wasser	38—46 cm mit 1—2 Blütendolden	26—29 cm
	Landformen	H	Schottland: Am trockenen Ufer des Loch Rescobie bei Forfar	0 cm	9—12 cm mit 1, seltener 2 Blütendolden	2—6,5 cm
	Blühende Wasserformen	I	Irland: In Gräben zwischen Tuam und dem Turloch-Moor	Zirka 40—50 cm tiefes Wasser	46—60 cm mit 1—2 Blütendolden	27—57 cm

tabelle.

Anzahl der an einem Stengel-internodium vorkommenden Blüten	Länge der Blüten-resp. Fruchtstiele	Folgeblätter		Primärblätter (Wasserblätter)
		Gesamtlänge	Blattlamina	
2—5 strahlige Dolden	0,8—2,4 cm	28—40 cm	7—8,5 cm l. / 2,0—3,7 cm br.	
3—6(8) strahlige Dolden	0,8—2(3) cm	20—126 cm	3—23 cm l. / 1,5—10,5 cm br.	
An kleineren Dolden 2—7, an größeren Dolden 9—30	1,3—3,4 cm	38—68 cm	9—17 cm l. / 2,6—8,4 cm br.	
2—17 strahlige Dolden	1,1—3,4 cm	28—34 cm	7—10 cm l. / 1,8—3,2 cm br.	
(3)5—12 strahlige Dolden, Enddolde 19 strahlig	(3)4,7—6,4(9) cm	50—61 cm	12—14 cm l. / 1,6—2,0 cm br.	
7—24 strahlige Dolden	2,6—7(9,5) cm	20—30 cm	4,5—5,5 cm l. / 5—6 mm br.	
7—12 strahlige Dolden	3,8—7,5(10,5) cm	21—30 cm	4,5—6 cm l. / 6—7 mm br.	
4—7(—11) strahlige Dolden	3—6 cm	4—7(9,5) cm	2—4 cm l. / 1,5—2,8 mm br.	
4—8 strahlige Dolden	2,8—9,5 cm (7,3 bis 15,5 cm submerse und unfruchtbare Blütenstiele	Spärlich vorhanden, 43—46 cm	5—7 cm l. / 6 mm br.	In der Mehrzahl vorhanden. 36—51 cm l. / 2,4—6,8 mm br.

Plantago, die anderen reichblütig und 9—30 strahlig, so daß die betreffenden Pflanzen schon von weitem einen auffallenden Habitus erkennen ließen.

Diese Doldenbildung kann, wie wohl ohne experimentellen Nachweis leicht zu erkennen ist, ebenfalls nur auf einen früher stattgehabten Einfluß von seiten des *Echinodorus ranunculoides* zurückzuführen sein, bei dem, wie ich oben zeigte, die Zahl der Doldenstrahlen 4—29 betragen kann.

Neben diesen auffallend ausgebildeten Blütenständen fanden sich an mehreren Exemplaren auch noch solche vor, die sich von dem typischen Blütenstand des *Alisma Plantago* nur wenig oder nicht unterschieden.

Blüten- und Fruchtbildung.

Die noch reichlich vorhandenen Blüten von *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides* waren ansehnlich 10—13 mm breit, während die des typischen *Alisma Plantago* an besagter Lokalität

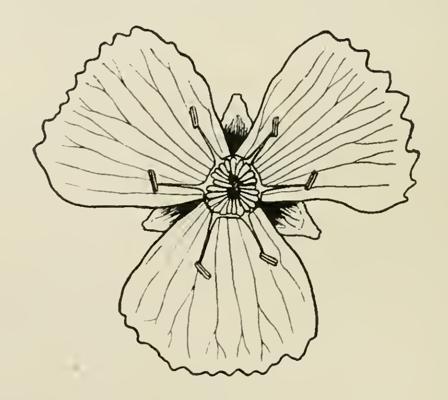


Fig. 1.

Fig. 1. Blüte von *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides*. Die Blüte ist habituell nur sehr wenig verschieden von derjenigen des typischen *A. Plantago*. Holland-Arms. 4 mal vergrößert.

bei Holland-Arms nur 10 mm Durchmesser aufwiesen. Fig. 1 zeigt eine Blüte des Bastards von oben, doch konnte ich bei näherer Untersuchung der Blüte kaum irgendwelche wichtigen Differenzen von denen des *Alisma Plantago* konstatieren.

Die Carpelle des Bastardes (Fig. 2) zeigen bei dem Vergleich mit denen des typischen *Alisma Plantago* (Fig. 3) keine Differenzen; haben aber auch mit denen des typischen *Echinodorus ranunculoides* (Fig. 4) nichts zu tun. Etwas anders verhält es sich jedoch mit den Früchten. Vergleichen wir die Früchte des Bastards (Fig. 5) mit denen des typischen *Alisma Plantago* (Fig. 6), so läßt sich so von außen kaum eine Differenz auffinden; auch haben sie mit den Früchtchen des typischen *Echinodorus ranunculoides* (Fig. 7) nichts gemein.

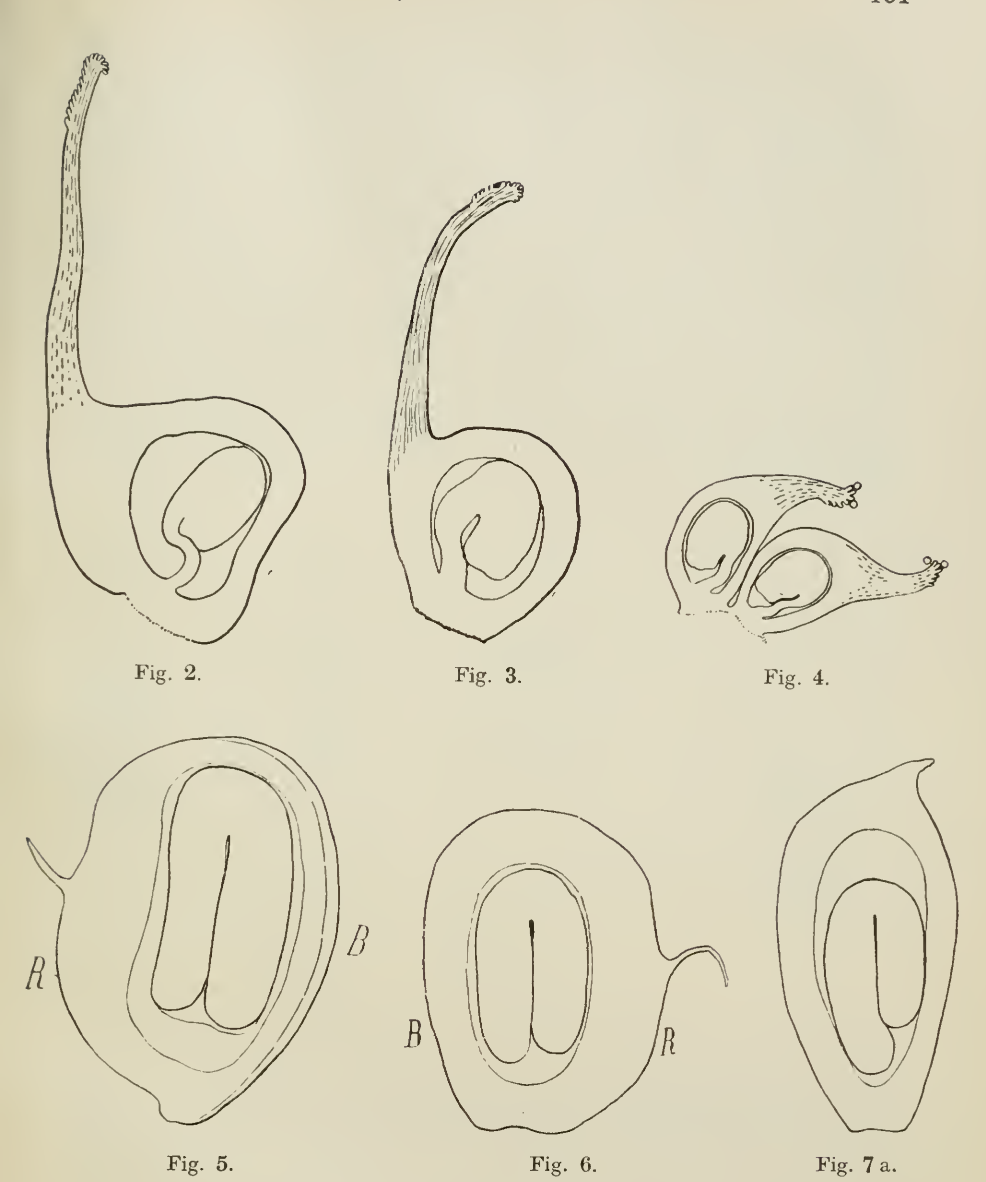


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7 a.

Fig. 2. Ein isoliertes Carpell von *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides* (Holland-Arms).
Fig. 3. Ein isoliertes Carpell von *Alisma Plantago* von Freiburg i. B. stammend.
Fig. 4. Zwei isolierte Carpelle von *Echinodorus ranunculoides* (Typus) einer von Neuchâtel stammenden Pflanze. An der Spitze der Carpelle sitzen einige Pollenkörner.

In den Carpellen sind, infolge von Behandlung mit Kalilauge, die Carpellhöhlungen und die Samenanlagen sichtbar. Alles im gleichen Maßstab (20 mal) vergrößert.

Fig. 5. Ein reifes Früchtchen von *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides*.
Fig. 6. Ein reifes Früchtchen von *Alisma Plantago*, Typus; von einer Kulturpflanze.
Fig. 7a. Ein reifes Früchtchen von *Echinodorus ranunculoides*, Typus; von Neuchâtel.

In den drei Figuren ist infolge der Kalilaugenbehandlung die Fruchthöhlung und der dunkle, hufeisenförmig gekrümmte Embryo sichtbar. Alles 20 mal vergrößert.

Wenn wir dagegen Querschnitte herstellen, so sehen wir einen unverkennbaren Anklang an die Früchte des *Echinodorus*, sofern wir die Dicke der Fruchtwandung ins Auge fassen. *Echinodorus ranunculoides* (Fig. 7 b) besitzt im Querschnitt eine gleichmäßig dicke Wandung, die aus vielen Parenchymlagen besteht. *Alisma Plantago* zeigt im Querschnitt zwei dünne Flanken (= W) und nur auf der Rücken- und auf der Bauchseite (R resp. B) tritt das Parenchym in einer mächtigen Schicht auf (Fig. 9). Der Bastard jedoch (Fig. 8 a und 8 b) nimmt da genau eine Mittelstellung ein: das Parenchym der Flanken (= W) ist fast ebenso stark entwickelt wie auf der Rücken- und Bauchseite. Im übrigen jedoch sind die Früchte des Bastards auf dem Querschnitt nicht verschieden von denjenigen des *Alisma Plantago*. Die Bastardfrüchtchen zeigen auf der Rückenseite bald ein, bald zwei Furchen, genau ebenso wie diejenigen des typischen *Alisma Plantago* auch.

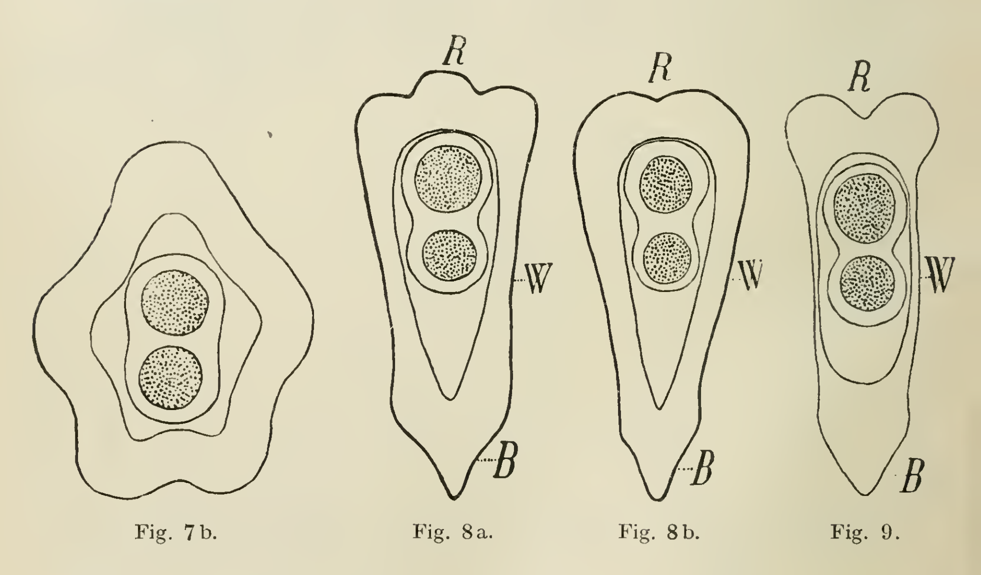


Fig. 7b. Fig. 8a. Fig. 8b. Fig. 9.

Fig. 7b. Querschnitt durch die Frucht des typischen *Echinodorus ranunculoides*.
Fig. 8a und b. Zwei Querschnitte durch die reife Frucht und den reifen Samen von *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides* (Holland-Arms).
Fig. 9. Querschnitt durch die reife Frucht von *Alisma Plantago* (Viernheim i. Hessen).

In 7 b, 8 und 9 ist die Fruchthöhlung und der darinliegende Embryo im Querschnitt zu sehen. Alles 50 mal vergrößert.

Abgesehen von Holland-Arms ist mir der Bastard *Alisma Plantago* × *Echinodorus ranunculoides* noch von anderen Plätzen bekannt geworden. So fand ich ihn in Irland, und zwar in Moorgräben zwischen Tuam und dem Turloch-Moor und im Turloch-Moor selbst. An beiden Plätzen war die Pflanze nur ganz isoliert und vergesellschaftet mit den genannten Eltern. Ferner sah ich den Bastard in einem einzigen Exemplar in dem Herbar von

E. S. Marshall (in West-Monkton bei Taunton, Sussex), der die Pflanze in Schottland zwischen Fearn und Balintore sammelte[1]).

II. Echinodorus ranunculoides × Alisma Plantago.

(Tafel XIII Fig. I A—C und Form E in vorstehender Tabelle.)

Diesen Bastard habe ich bis jetzt lebend noch nicht kennen gelernt; wohl aber fand ich ihn trocken vor in dem Privatherbarium des Herrn Dr. R. Praeger in Dublin, der ja, wie allgemein bekannt, zurzeit wohl der beste Kenner der Flora von Irland ist. Die Pflanze war gesammelt in der Umgegend von Tuam, nahe bei Killower, in dem Turloch-Moor, westlich vom Turloch-See[2]). Die Pflanze wuchs offenbar in seichtem Wasser; die drei vorhandenen Laubblätter dieses Bastards sind langgestielt und mit einer schmallanzettlichem und nach beiden Seiten allmählich zugespitzten Spreite versehen, ganz ähnlich wie sie *Alisma Plantago* var. *lanceolatum* auch besitzt. Ob die Pflanze befähigt ist, submerse lineale Wasserblätter zu bilden, was sehr wahrscheinlich ist, bleibt noch dahingestellt; der Blütenstand ist sehr stattlich (81 cm hoch). Die eigentliche Rispe (also exkl. des Stieles) ist breiter als hoch und besteht aus 3 Etagen. Die unterste Etage trägt 8 große Äste, die mit je einer Blütendolde endigen, abgesehen von 2 Ästen, die zwei durch ein längeres Stengelstück voneinander getrennte Dolden tragen. Neben diesen 8 Hauptästen enthält die unterste Etage noch 9 isolierte langstielige Blüten. Die zweite, also mittlere Etage trägt 5 Hauptäste, die mit je einer Blütendolde endigen und außerdem noch 8 isolierte Blüten. Die dritte und oberste Etage besteht aus einer 19 strahligen Einzeldolde. Insgesamt trägt der Blütenstand nicht weniger wie 18 Blütendolden. Die Dolden sind zum Teil schwach einseitswendig, wie oft bei *Echinodorus ranunculoides*; die Blüten- und Fruchtstiele sind sehr lang (3—9 cm) und somit nicht verschieden von denen des typischen *Echinodorus ranunculoides*.

Blüten- und Fruchtbildung.

Die Blüten habe ich nur unvollständig studieren können; da ich nur einige trockene Blütenknospen nach vorheriger Behandlung mit Spiritus und Ammoniak der Untersuchung opfern konnte. Kelch und Kronblätter sind auch da in der 3 Zahl vorhanden; Stamina sind 6 vorhanden, während die Carpella, ähnlich wie bei *Echinodorus*, ein kleines und kugeliges Köpfchen bilden. Ob die Petalen, was sehr wahrscheinlich ist, kleiner sind als die des typischen *Echinodorus ranunculoides*, konnte freilich nicht ermittelt werden. Besonders auffallend ist die Gestalt der Fruchtblättchen. Dieselben sind ca. doppelt so lang als die normalen bei *Echinodorus*

[1]) Es bleibt dahingestellt, ob die von Marshall aufgefundene Pflanze identisch ist mit dem von Professor Dr. Trail angegebenen Bastard. Herr Professor Dr. Trail hat es leider nicht der Mühe wert gehalten, eine diesbezügliche, an ihn gerichtete Anfrage zu beantworten!

[2]) Ich bemerke noch, daß meine eigene Nachforschung an der genau bezeichneten Original-Lokalität trotz vielfacher Mühe und trotz eines zweimaligen Besuches der Stelle im Herbst 1912 erfolglos geblieben ist.

ranunculoides, dagegen etwas kürzer als diejenigen des *Alisma Plantago*. Das eiförmige Carpell des Bastards (Fig. 11) verlängert sich nach oben zu in einen etwa ebenso langen Griffel, der an der Spitze und an der einen Längsseite mit vielen Narbenpapillen besetzt ist; bei *Echinodorus ranunculoides* dagegen (Fig. 10) sind die Griffel kaum halb

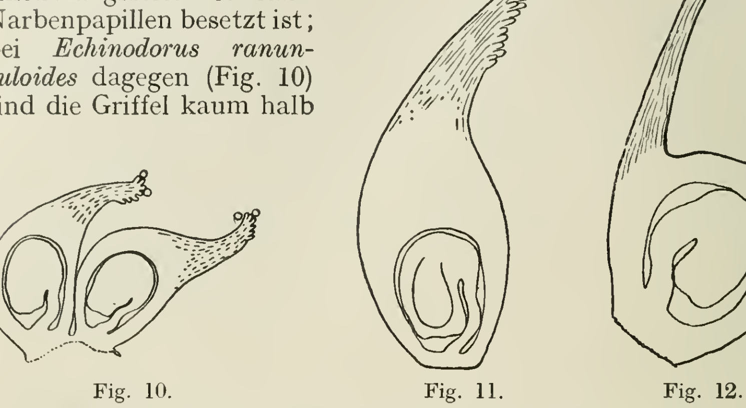


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Fig. 10. Zwei isolierte Carpelle von *Echinodorus ranunculoides*, Typus von Neuchâtel.
Fig. 11. Ein isoliertes Carpell von *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*.
Fig. 12. Ein isoliertes Carpell von *Alisma Plantago*, Typus (von Freiburg i. B.).
In den Carpellen ist infolge von Kalibehandlung die Höhlung und der Embryo sichtbar. Alles ist 20 mal vergrößert.

so lang als der Fruchtknoten; und außerdem ist die Zahl der Narbenpapillen eine ziemlich kleine; und andererseits sind bei dem typischen *Alisma Plantago* (Fig. 12) die Griffel ca. $1^1/_2$ mal so lang als das Carpell, das durch seine breit-rundliche abgeflachte Form und seine Größe auch noch wesentlich von demjenigen des Bastards und demjenigen des *Echinodorus ranunculoides* abweicht.

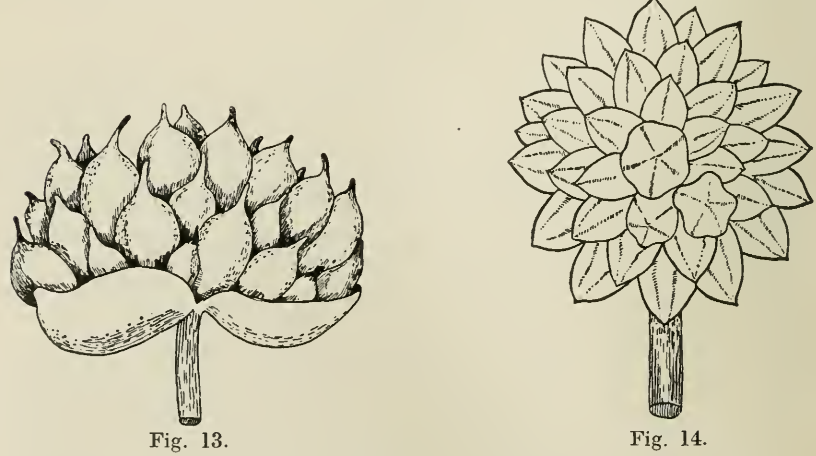


Fig. 13. Fig. 14.

Fig. 13. Ein reifes Fruchtköpfchen von *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*.
Fig. 14. Ein Fruchtköpfchen von *Echinodorus ranunculoides* (Typus).
Beide Figuren sind 10 mal vergrößert.

Die Früchtchen von *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago* waren besser zu studieren als die Blüten. Fig. 13 zeigt ein ganzes Köpfchen, das dem *Echinodorus ranunculoides* (Fig. 14) zunächst näher steht als dem *Alisma Plantago*.

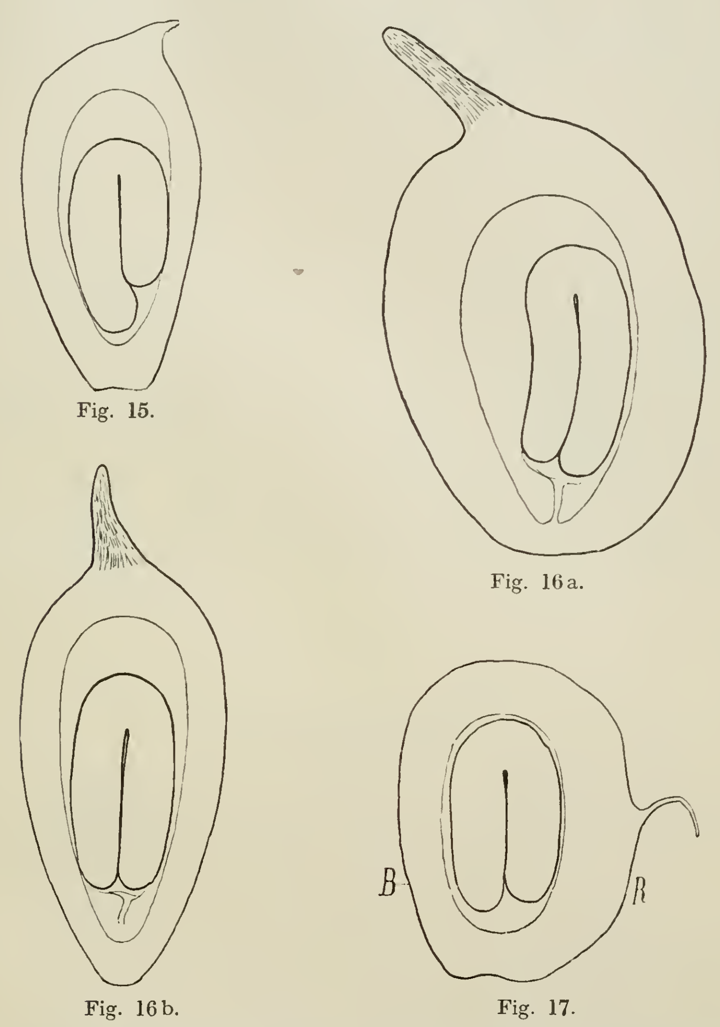


Fig. 15. Ein reifes Früchtchen von *Echinodorus ranunculoides*, Typus; von Neuchâtel.
Fig. 16a und b. Zwei reife Früchtchen von *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*.
Fig. 17. Ein reifes Früchtchen von *Alisma Plantago*, Typus; von einer Kulturpflanze stammend.
In allen Früchtchen ist die Fruchthöhlung und der darin befindliche Embryo zu sehen. Alles im gleichen Maßstab (20 mal) vergrößert.

Die Früchtchen des Bastards sitzen ähnlich wie die des *Echinodorus* einer zentralen Placenta an, während bei *Alisma Plantago* die Früchtchen eine triangulär-rundliche Form bilden. Die Früchtchen des Bastards nehmen eine deutliche Mittelstellung ein zwischen denen des *Alisma Plantago* und denen des *Echinodorus*

ranunculoides. Die häufigste Form ist die breit-eiförmige (Fig. 16 a); seltener ist die eilängliche (Fig. 16 b). Außerdem aber tragen die Früchtchen des Bastards an der Spitze einen kräftigen, schräg-abstehenden Schnabel, während bei *Echinodorus ranunculoides* (Fig. 15) der betreffende Teil nur ein minimales Rudiment darstellt und bei *Alisma Plantago* (Fig. 17) weit kräftiger und länger entwickelt ist und außerdem auch noch seitlich dem Früchtchen ansitzt.

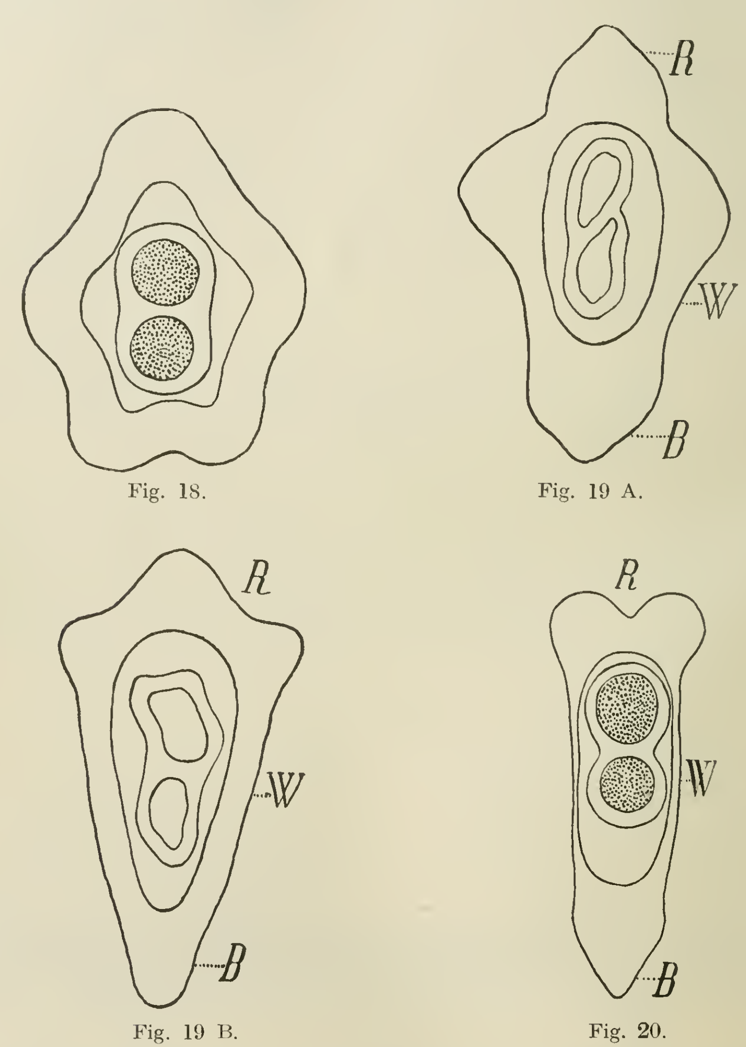


Fig. 18. Fig. 19 A. Fig. 19 B. Fig. 20.

Fig. 18. Querschnitt durch die reife Frucht von *Echinodorus ranunculoides*, Typus, von Neuchâtel. Fig. 19 A und B. Zwei Fruchtquerschnitte von *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*. Fig. 20. Ein Querschnitt durch die reife Frucht von *Alisma Plantago*.
Auf allen Querschnitten ist die Fruchthöhlung und der querdurchschnittene Samen sichtbar. Außerdem sind in Fig. 19 A und B die Samen reduziert auf die Samenschale. Alles ist im gleichen Maßstab vergrößert.

Von besonderem Interesse sind schließlich noch die Fruchtquerschnitte des Bastards (Fig. 19 A u. B), die eine schöne Mittelstellung einnehmen zwischen den äquivalenten Schnitten des *Echinodorus ranunculoides* (Fig. 18) einerseits und denen des *Alisma Plantago* andererseits (Fig. 20). Die Früchtchen des Bastards haben zunächst die dicke parenchymatöse Fruchtwand gemein mit denen des *Echinodorus ranunculoides*. Das durch die Konturbildung besonders ausgezeichnete Relief der Fruchtoberfläche jedoch nähert sich bald mehr dem Typus des *Echinodorus ranunculoides*, bald mehr dem des *Alisma Plantago* an; man vergleiche Fig. 19 A mit Fig. 18 und Fig. 19 B mit Fig. 20. Schließlich muß noch erwähnt werden, daß die Samen des Bastards, soweit ich sie kennen lernte, taub und leer waren.

Wir sehen also, daß dieser II. Bastard mit Rücksicht auf das Verzweigungssystem, mit Rücksicht auf die langen Blütenstiele, mit Rücksicht auf die Carpelle und Früchtchen dem *Echinodorus ranunculoides* weit näher steht als dem *Alisma Plantago*; weshalb wir auch dazu berechtigt sind, diesen II. Bastard zu bezeichnen als *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*.

Damit dürften die zwei hier gekennzeichneten Bastarde von nun an als zu Recht bestehend anerkannt sein. Es bleibt zunächst noch weiteren Untersuchungen vorbehalten, die Verbreitung beider Bastarde festzulegen und auch die sonstige Biologie, insbesondere die der Laubblätter, noch mit Hilfe von Kulturversuchen näher zu studieren.

Tafelerklärung.

Tafel XII.

Alisma Plantago × *Echinodorus ranunculoides*. Habitusbild der Blütenrispe; rechts und links oben einige zugeh. Laubblätter. $^1/_2$ der natürl. Größe; von Holland-Arms in Anglesey stammend.

Tafel XIII.

Fig. I. *Echinodorus ranunculoides* × *Alisma Plantago*. A. Habitusbild des Fruchtstandes. B und C zwei zugeh. Laubblätter. $^1/_2$ der natürl. Größe.

Fig. II. *Echinodorus ranuncoloides*. A. Habitusbild einer fruchtender Seichtwasserform (von Neuchâtel). B. Habitusbild eines Fruchtstandes mit einseitswendigen Fruchtstielen (von Tuam in Irland). Alles $^1/_2$ der natürl. Größe.

Beiträge zur Kenntnis der Menthenflora von Mitteleuropa.

Von

Anton Topitz,

Oberlehrer in St. Nikola a. d. Donau, Oberösterreich.

Mit 144 Abbildungen im Text.

Vorrede.

Dieser auf einen möglichst geringen Umfang beschränkten Arbeit, welche dem Sammler die Bestimmung der vielformigen Minzen erleichtern und eine übersichtliche Gruppierung deren zahlreichen Varietäten und sonstigen Formen bieten soll, liegen außer den eigenen Beobachtungen die bekannten monographischen Werke von H. Braun[1]) und von J. Briquet[2]) zugrunde. Jener hat das ihm zur Verfügung gestandene sehr große Menthenmaterial mit kritischem Blicke in ein System gebracht und über 350 europäische Formen beschrieben. Dieser berücksichtigt in seinen Publikationen bei der Klassifizierung der Menthen nebst den morphologischen Merkmalen noch besonders die biologischen und verwandtschaftlichen Verhältnisse und führt auch die Nomenklatur dieser Gattung wieder in die für sie festgesetzten Bahnen zurück. Bei der Gruppierung der Formen der *M. rotundifolia* und derjenigen aus der Gruppe *Nobiles* bin ich, da meine Bekanntschaft mit bezüglichem lebenden Material eine geringe ist, im allgemeinen den vorerwähnten Werken gefolgt. Bei den andern Arten und Hybriden haben mich hingegen Selbstbeobachtungen und die mit jeder Exkursion und jeder neu eingelangten Minzensendung erhaltenen neuen Formen gezwungen, von dem bequemen Wege der Bildung und Benennung neuer Varietäten abzuweichen. Ich habe da solche neuerworbene Formen mit den bereits bekannten nach Tunlichkeit zu scharfgezeichneten Varietäten zusammengelegt und Neubenennungen nur dort angewendet, wo

---

[1]) Braun, Heinrich, Über einige Arten und Formen der Gattung Mentha. (Verhandl. d. k. k. zool. bot. Ges. Wien. 1890.) (Spätere Abkürzung: H. Br.)

[2]) Briquet, John, Les Labiées des Alpes marit., 1891. (Spätere Abkürzung: Bq. 1891.)

Derselbe: Fragmenta Monogr. Lab. Fasc. 1., 2., 3. u. 4. (Abkürzung: Bq. 1889, bezw. 1894, 1895, 1896.)

nach meiner Kenntnis der menthologischen Literatur eine klare Beschreibung dieser Neuerwerbungen noch nicht erschienen war.

Da ich bei den folgenden Deskriptionen wegen der leichteren Übersichtlichkeit und aus Raumersparnis die analytische Form der Darbietung gewählt habe, so gehören zur Konstruktion der vollständigen Beschreibung einer Varietät oder einer Form derselben immer auch die als Überschriften von Abteilungen des analytischen Schlüssels angegebenen Differentialmerkmale.

Behufs leichterer Orientierung der Leser mit den vorkommenden deskriptiven Ausdrücken und deren Abkürzungen schicke ich einen Überblick über die Morphologie der Gattung *Mentha* voraus.

Der Verlag hat es mir ermöglicht, diese Schrift auch mit einer größern Anzahl von Figuren auszustatten. Es sind dies Konturzeichnungen von typischen Stengelblättern, die zu allermeist authentischen Mustern entnommen sind. Sie geben die normale Blattform genau, die Serratur möglichst deutlich wieder und werden daher die Verwendung dieser Arbeit zum Studium der formenreichen Minzenflora wesentlich fördern.

St. Nikola a. d. Donau, Oberösterreich, am 17. Jan. 1913.

Anton Topitz.

Mentha L.

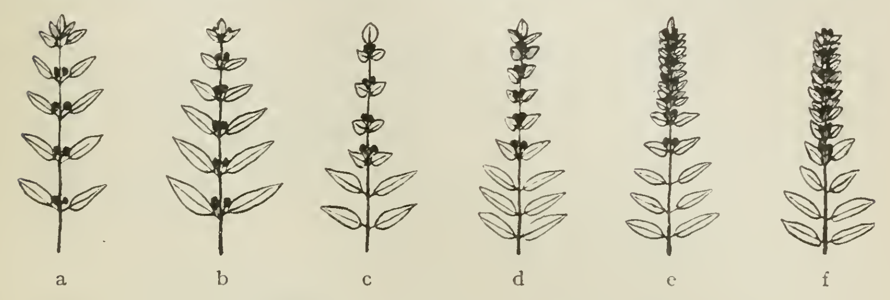
Der Stengel (Stg.) ist entweder aufrecht (aufr.) oder niederliegend (niederl.), einfach (einf.) oder verästelt (veräst.) und ist mit Zwischenknoten-Internodien versehen. Die Länge derselben in der Mitte des Stengels (m. Int.) bildet öfters einen Faktor bei der Unterscheidung der Formen. Bei der Beurteilung des Zuschnittes der Laubblätter (B.), der eiförmig (eif.), lanzettlich (lztt.), elliptisch (ell.), länglich (lgl.), rundlich (rundl.) mit den verschiedenen Übergängen sein kann, kommt auch noch die Form des Blattgipfels, die mehr oder minder (±) spitz (sp.), zugespitzt (zugesp.) oder stumpf (stpf.) und die Form des Blattgrundes — Basis — (Bas.), die zugerundet (zuger.), verschmälert (verschm.), in den Blattstiel (Bstiel.) herablaufend oder zugezogen (zugez.) sein kann, in Betracht. Die Serratur (S.) der Blätter besteht entweder aus Zähnen (Z.), Kerben oder aus andern vielgestaltigen Anhängseln. Die Spitze (Sp.) der Zähne kann von einer Weichspitze (Weichsp.) gekrönt sein. Die Serratur heißt scharf (sch.), wenn die Enden der Zähne spitzwinklig zugeschnitten sind. Die Seite des meist dreieckigen Zahnes (welche Eigenschaft in den folgenden Deskriptionen nicht besonders erwähnt wird), die gegen den Blattgipfel gerichtet ist, heißt die innere (inn.) Seite, die dem Blattrande anliegende die äußere (äuß.) Seite. Die Nervatur (Nerv.) der Blätter gilt als einfach, wenn nur der mittlere Nerv und die Nerven 2. Ordnung hervortreten, während die Nerven der niederen Grade sich verlieren. In der netzförmigen Nervatur

ragen die Nerven aller Grade auf dieselbe Weise hervor und bilden auf der Blattunterseite ein Netz. Ein auf der Unterseite netzaderiges und dabei filziges Blatt kann kerbfilzig genannt werden. Die Blattformel z. B. 30—40—55 × 15—20—28 mm ist zu lesen: 30 bis 40 bis 55 mm Länge auf 15 bis 20 bis 28 mm Breite; die Zahnformel z. B. 0,8—1,2 × 3—5 (6) ist zu lesen: die Zähne erreichen eine Höhe von 0,8 bis 1,2 mm bei einer Länge von 3 bis 5 (selten auch 6) mm.

Die zahlreichen Blüten bilden häufig Scheinwirtel (Schw.), welche aus 2 gegenständigen, gestielten, mit kleinen Brakteolen versehenen Cymen bestehen und von Brakteen (Br.) gestützt sind. Diese stehen entweder alle in den Achseln der Laubblätter und die Achsen der Pflanze endigen dann in ein Büschel reduzierter Blätter; oder es stehen am Ende der Achsen 2 oder 3 Scheinwirtel ± gedrängt und von einem Paar Hochblätter gestützt beisammen und bilden also ein Köpfchen (Kpf.). Dieses Köpfchen wird zur Scheinähre (Sch.ähre), wenn die Schw. in langer gedrängter und schraubenförmiger Folge gestellt und alle Achsen — die Pedizellen (Ped.) ausgenommen — verkürzt sind. Der Kelch (K.) ist glockig (gl.), röhrig (r.) oder trichterig (wenn bei verkümmerten sterilen Ovarien die Kelchbasis zusammengezogen ist) mit 5 gleichen oder ungleichen, dreieckigen, spitzen, zugespitzten oder pfriemlichen (pfr.), flachen Zähnen (Kz.). Von den 10 bis 13 (wenn die 3 unteren Sekundärnerven verdoppelt sind) Nerven (Fibrovasalstränge) sind — in der Durchsicht gesehen — mindest 5 hervortretend. Die Lappen der Blumenkrone (C.) sind alle von gleicher Länge, die 2 obern vollkommen verwachsen oder nur durch eine schwache Ausrandung getrennt. Das Nectarostegium wird, wenn überhaupt vorhanden, durch einen ± vollständigen Ring steifer Haare gebildet, welche an dem Schlunde der Blumenkrone unregelmäßig und derart gestellt sind, daß sie die Röhre ± schließen. Die Zwitterblüten sind dichogamisch. Die einen, mit größerer Blumenkrone und hervorragenden, entwickelten (4) Staubgefäßen bei noch nicht entfalteten zweispaltigen Stempeln: protandrisch; die anderen, mit reduzierten Blumenkronen, eingeschlossenen Androceum mit verkümmerten Antherenträgern aber hervortretenden Stempeln: protogynisch.

Bei den Formen der *Mentha aquatica* und *arvensis* sowie ihrer Hybriden sind auch jene Zustände bemerkenswert, die sich durch die verschiedenen Größen- und Stellungsverhältnisse der oberen zu den unteren Stengelblättern und der in ihren Achseln gestellten Blütenwirteln ergeben. Nur selten sind die oberen Stengelblätter von gleicher oder nahezu gleicher Größe wie die unteren — status foliosus — (st. fol.). Sie werden unter Beibehaltung des Charakters der Laubblätter oft allmählich kleiner — status subbracteosus — (st. sbr.) oder sie werden plötzlich kleiner und verwandeln sich gegen den Scheitel der Achsen in brakteenartige Hochblätter — status bracteosus — (st. br.). Verringern sich hierbei die Internodien, so stehen die Scheinwirtel oft so genähert, daß die kurzen Internodien ganz von den Scheinwirteln eingenommen werden

— status confertus — (st. cf.), oder daß der Gesamtblütenstand schließlich die Form einer unterbrochenen Scheinähre erhält — status spicastratus — (st. spic.). Dieser Zustand wird noch mehr scheinährenähnlich, wenn die obersten, sonst die Achsen abschließenden Hochblätter noch zur Zeit der Blüte verkümmern



Schematische Darstellung der Statusformen.

a) *stat. foliosus* der Blätter mit *stat. axillaris* der Blüten *(stat. verticillatus).*
b) *stat. subbracteosus* mit *stat. axillaris.*
c) *stat. bracteosus* mit *stat. axillaris.*
d) *stat. confertus* mit *stat. axillaris.*
e) *stat. spicastratus.*
f) *stat. pseudostachyus.*

und die Achsen gleichsam mit einem ± länglichem Köpfchen endigt — status pseudostachyus — (st. ps.). Noch sei bemerkt, daß im folgenden der oft vorkommende gemeinsame status foliosus und axillaris mit dem Ausdruck status verticillatus (st. v.) bezeichnet wird.

Zur Erneuerung (Innovation) der Minzen auf außergeschlechtlichem Wege dienen die Wurzelsprossen (Stolonen). Die oberirdischen (epigäischen) Stolonen kriechen auf dem Boden und tragen chlorophyllfreie Blättchen, die unterständigen (hypogäischen) Stolonen sind unterirdisch und mit Schuppen bekleidet; sie überdauern den Winter. Bei der *M. aquatica* und deren Hybriden ist das System dieses vegetativen Apparates besonders entwickelt.

Noch seien die weiteren, im folgenden Texte vorkommenden Abkürzungen verzeichnet.

f.	= fast	fl.	= flaumig	konv.	= konvex
h.	= hoch	mgr.	= mittelgroß	rglm.	= regelmäßig
k.	= kahl	beh.	= behaart	entf.	= voneinander entfernt
o.	= oder	haar.	= haarig	beidsts.	= beiderseits
u.	= und	filz.	= filzig beh.	obsts.	= oberseits
br.	= breit	gew.	= gewellt	untsts.	= unterseits
lg.	= lang	well.	= wellig	vorwts.	= vorwärts
gr.	= groß	gest.	= gestielt	zahlr.	= zahlreich
kl.	= klein	konk.	= konkav	zerstr.	= zerstreut

Übersicht der Arten.

A. K. ohne Lippenbildung, fünfzähnig, Schlund der C. zylindrisch, unten nicht höckerig (Subgenus: *Menthastrum* Coss. et Germ.).

I. Scheinwirtel in Scheinähren; K. glockig, undeutlich 10 nervig; C. ohne Nectarostegium (Gruppe *Spicastreae* Bq.).

1. Haare kraus, breitzellig, teilweise ästig; Nerv. der B. netzartig; Br. lztt., K. kugelig-glockig, Kz. kurz 3 eckig o. lztt. 3 eckig. Ober- u. unterirdische Stolonen vorhanden: **M. rotundifolia** Hds. (S. 143).

2. Haare konisch, gerade o. gewunden, einf.; Nerv. ± einf.; Br. linear, K. glockig o. lg. gl., Kz. pfrieml. o. pfrieml. fädlich; nur unterirdische Stolonen vorhanden (Untergruppe *Silvestres* Malvd.).

A. Pfl. ± behaart; Ped. u. K. zur Gänze beh.: **M. longifolia** Huds. (S. 148).

B. Pfl. k. o. fast k., grün; Ped. u. K. basis k.: **M. viridis** L. (S. 165).

II. Scheinwirtel in Köpfchen; K. röhrig, mit 10 gleichstark hervortretenden Nerven, Kz. lztt., selten pfr. zugesp., innen k.; C. mit Nectarostegium (Gruppe *Capitatae* L.): **M. aquatica** L. (S. 168).

III. Scheinw. alle achselständig, wobei die terminale Achse in B.büschel endigt; K. glockig, selten trichterig-gl., Kz. meist kurz-3 eckig-sp., seltener lang-sp.; C. mit Nectarostegium (Gruppe *Axillares* Roch.): **M. arvensis** L. (S. 179).

B. K. fast zweilippig, Kz. innen zottig beh., Schlund der C. innen höckerig (Subgenus: *Pulegium* Lamk.): **M. Pulegium** L. (S. 254.)

Übersicht der Hybriden[1]).

I. Mit scheinährigem Blütenstande.

M. rotundifolia × $\frac{longifolia}{viridis}$ den spezifischen Merkmalen der Stammeltern entweder im Charakter der Scheinähren (und ihrer Teile) o. des Induments o. der B.Nerv. näher tretend: **M. villosa** Huds. (S. 194).

II. Mit scheinährigem o. kopfigem Blütenstande.

M. aquatica × *rotundifolia*. Blütenstand sehr verschieden, scheinährig-gedrungen bis kopfig. B.[2]) von breiteif. bis längl. Zuschnitt, vorne stumpfl. o. rundl., beidsts.

---

[1]) Eine gut charakterisierende Beschreibung ist in dem Rahmen einer Tabelle nicht möglich. Entscheidend für die Zugehörigkeit einer hybriden Form ist der Habitus, das Vorhandensein der obenerwähnten typischen Merkmale der Stammeltern.

[2]) Hier und in den folgenden Deskriptionen sind unter B. nur die Stengelblätter verstanden. Menthen ohne Stengelblätter oder gar nur Äste einer Pflanze sind meist ganz unbestimmbar.

grün, untsts. flaumig; Nerv. einf. hier u. da netzig; Serr. stpf. o. kerbig: **M. Maximilianea** F. Sch. (S. 207).

M. aquatica × *longifolia.* Blütenstand sehr verschieden. B. eif., eif. ell., ell. o. eilängl., untsts. flaum. o. filz. Nerv. einf.: **M. dumetorum** Schult. (S. 209).

M. viridis × *aquatica.* Blütenstand sehr verschieden. B. eilängl. o. lztt., alle gestielt. Pfl. kahl: **M. piperita** Huds. (S. 216).

III. Mit achselständigem o. kopfigem Blütenstande.

M. arvensis × *aquatica.* Hauptachse mit einem B.büschel o. einem Köpfchen abgeschlossen, im letzteren Falle aber daneben einige achselständige Schw. vorhanden. K. r., r. gl. o. trichterig-r., 13 nerv., Kz. meist zugesp.; C. innen u. ausz. beh.: **M. verticillata** L. (S. 219).

M. arvensis × *viridis.* B. beh. o. verkahlend, gest. o. kurz gest., Nerv. einf.; Ped. kahl o. f. k., K. gl. wenigstens am Grunde k., C. inn. u. ausz. k.; Drüsensystem sehr entwickelt: **M. gentilis** L. (S. 237).

M. verticillata × *viridis.* B. eif. o. eif. ell., mit abgerundeter Bas., k. o. f. k.; Ped. k. o. f. k., K. r., 13 nerv., k.; Kz. zugesp. o. pfr. zugesp., meistens bewimpert; C. inn. u. ausz. k. Blütenstand axillar, auch trugährig (stat. pseudost.) u. perlschnurförmig gegliedert; Drüsensystem sehr entwickelt: **M. rubra** Smith (S. 243).

M. arvensis × *longifolia.* Stg. mit einf. Haaren bedeckt. B. beidsts. beh. bis verkahlend, obere sitzend, untere gestielt, Nerv. einf.; Ped. beh. bis verkahlend, K. gl. o. etwas verlängert gl., ± anliegend kurzhaarig, Kz. lztt. o. lztt.-pfr., C. inn. u. ausz. k. o. f. k.: **M. dalmatica** Tausch (S. 244).

M. arvensis × *rotundifolia.* Stg. mit ± krausen, einf. o. ästigen u. ± bandförmigen Haaren bekleidet. B. obersts. flaumig o. f. k., untsts. höchstens an den Nerv. fl., sitzend o. kurz gest., Nerv. einf. o. f. einf. o. netzig, nicht o. wenig hervortretend; Ped. k. bis sehr beh., K. gl. o. etwas verlängert gl., überall beh., Kz. lztt. o. lztt.-zugesp.; C. inn. k. o. mit wenigen kurzen Haaren versehen, ausz. k.: **M. carinthiaca** Host (S. 250).

1. M. rotundifolia Huds.

= **M. rotundifolia** L. sp. pl. (sensu lato), **M. rugosa** Lmk.

B. rundl. ell., breitell., ell., eif. ell. o. lgl. ell., vorne stpf. mit aufgesetzter Sp., an der Bas. herzf., selten abger., sitzend; Nerv. netzig, oft die Oberseite der B. aushöhlend (runzelnd), auf der B.unterseite nackt hervortretend und polygonale Höfe bildend. Sch.ähren im allgemeinen o. wenigstens im obern Teile zieml. dicht, der obere, noch nicht entwickelte Teil meist lang konisch-sp. o. zugesp.; Br. lztt. zugesp., die untern breitlztt.; Ped. beh.;

K. kugelig-gl., graulichgrün, beh. (die Sch.ähre erhält dadurch ein graugrünes Aussehen), Kz. kurz-3 eckig-lztt.; C. ohne Nectarostegium, sich vom grünlichen Grunde der Br. u. K. weißl. — bezw. rosafarben — abhebend. Indument bestehend aus ein- o. mehrzelligen, krausen, welligen, bandförmigen, wenig knotigen, im untern Teile ästigen Haaren (nach Bq. 1891).

Übersicht der Varietäten und Formen (nach Bq. 1891).

A. B. breit, lgl. o. rundl. (Verhältnis der Länge zur Breite wie 1: 1,3—1,6).

I. Sch.ähren (auch die noch nicht vollständig entwickelten) mit an der untern Hälfte getrennten Wirteln.

B. lgl. o. rundl. (vorne), stpf., Bas. herzf., obsts. grün u. mit kurzen Haaren bedeckt, untsts. dichtfl. u. bleichgrün o. graul., 40—45 × 30—34 mm. Serr. sehr unrglm., besteh. aus Z. o. Kerben, 3 eck., mit ± ger. Sp., die ausz. konv. u. 0,5—1,3 mm h., 2—5 mm entf. sind. Schw. der Sch.ähren alle genähert bis auf die 4—6 untern, deren Internodien 5—10 mm. Pfl. bis 6 dm h.; Stg. fl., zieml. ästig: *a* var. **psilostachya** Top.[1]).

(*M. gracilis* Mlvd. Der Name mußte zurückgestellt werden, da er bereits für eine Varietät der *M. gentilis* im Gebrauch ist.) Frankreich, Deutschland.[2])

B. beidsts. grün u. verkahlend, nur einzelne B. schwach weißl. filz.; Z. d. S. kerbig, selten stpf. 3 eck. Sch.ähren sehr zierl., bis 65 mm lg. u. 5 mm br., gegen die Mitte oft unterbrochen, untere Schw. entf. Pfl. 4 dm h., Stg. einf.: var. **Segorbensis** Top.

Nur aus den Pyrenäen bekannt.

II. Sch.ähren zieml. kompakt, nur die entwickelten ± unterbrochen.

1. Nerv. an der B.unterseite hervortretend, Höfe bildend.

A. Serr. bestehend aus unregelm. Anhängseln (Kerben o. Trapezoiden) o. Zähnen.

B. derb, rundl. ell. o. ell., untere B. verlängert ell., obsts. runzelig, untsts. weißfilz.,

---

[1]) Die Deskriptionen sind in dieser Ausdehnung ausführlich genug, um mit ihnen die beschriebenen Formen erkennen und von den benachbarten unterscheiden zu können. Nun bringt J. Briquet in seinen Fragmenten und entgegen seiner früheren Gepflogenheit detailliertere Diagnosen, die u. a. auch genaue Messungen der Länge der K. u. der Kz. enthalten. Solche Beschreibungen passen dann aber auch nur für das eine beschriebene Muster und eine Pflanze, die von der beschriebenen auch nur in Geringfügigem abweicht, ist nicht die beschriebene Varietät, sondern mindest eine neue Form derselben. Bei der bekannten Mannigfaltigkeit und Veränderlichkeit der Menthen ist es nicht leicht möglich, von ungleichen Standorten — wenn auch derselben Lokalität — zwei Exemplare zu finden, die zur gegebenen Detailbeschreibung passen, die Konstruierung neuer Varietäten und Formen ginge dabei ins Uferlose und es fände sich dann schwerlich ein zweiter H. Braun, der sie für den praktischen Gebrauch ordnete.

[2]) An dieser Stelle werden die Länder der in meinem Herbar vertretenen Fundorten angeführt; die näheren Fundortsangaben samt den Namen der Sammler stehen den einzelnen Lokalfloren zur Verfügung.

30—40—50 × 25—30—35 mm; Z. d. S. ungleich u. unrglm., 3 eck., kerbig o. trapezoidisch, an einzelnen B. oft nur 3 eck. Pfl. bis 5 dm h., Stg. einf. o. äst., dicht befl.:

β var. **rotundifolia** (L. s. str.) Host et Auct. pl.
Deutschland, Frankreich. (*M. Bauhini* Ten.)[1])

f. **bullata** Bq. (als Var.). Obere B. beidsts. grün, die untern untsts. graulich.
Deutschland, Frankreich. (*M. rugosa* [Hoffm.] Wrtg.)

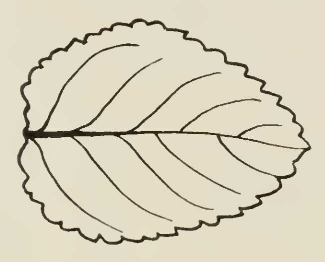


Fig. 1.

M. rotundifolia Hds. β var. *rotundifolia* (L.) f. *bullata* Bq. (auth.).

f. **Thierseana** Top. Alle B. (d. i. Stengelblätter) breitell. o. ell. kreisförmig, vorne abger. mit kurzer Sp., obsts. grün u. verkahlend, untsts. kurzfl., graugrün, selten graufilz., 30—40—50 × 25—35—40 mm; Z. d. S. unrglm., ungleich, 3 eck., grob. mit inn. u. auß. meist geradseit., selten auß. konv. u. kerbigen, aufr. o. vorwts. gerichteten, sp. o. spl., bis 2 mm h. u. 5—7 mm entf. Enden. Sch.ähren protandrisch, schlank, die entwickelte terminale bis 9 cm lg., ihre untersten Wirtel auf 5—15 mm Abstand getrennt. Stg. sehr veräst.
Deutschland, Frankreich (mit *M. serrata* Pèr.).

f. **exstans** Top. B. ell., kurz sp., obsts. leicht beh., untsts. weißfilz. o. weißfl. mit stellenweißem Filz, 35—40—50 (70) × 23—25 bis 38 mm; Z. d. S. der obern B. meist kerbig u. trapezoidisch, der untern B. unrglm. 3 eck. mit feinzipfligen Enden. Sch.ähren schlank, in allen Größen, im entwickelten Zustande auch über 1 dm lg. u. unterbrochen.
Steiermark, Böhmen, Frankreich.

f. **lepteilema** Bq. (1896) B. untsts. bleichgrün o. graulichflaumh. o. leichtgraufilz.; Serr. bestehend aus zieml. gedrängten, inn. fast ger. Z. von 1—2 × 2—4 mm Dimension.
Frankreich.

---

[1]) Die bezüglichen Literaturvermerke finden sich, wo solche hier fehlen, in den zitierten Werken der Autoren H. Braun und J. Briquet.

B. Serr. nur aus Kerben bestehend.

B. breitell., obsts. hellgrün, wenig u. kraus befl., untsts. dichtfl. o. leicht weiß-kerbfilz., 30 bis 40—50 × 23—35—38 mm; Z. d. S. rglm., nur kerbig stpf., 2—3 mm ent. Sch.ähren schlank, dicht. Stg. zieml. kräftig, auch rötlich, minder dicht bis zottig beh.:

γ var. **crenatophylla** Top.

Frankreich.

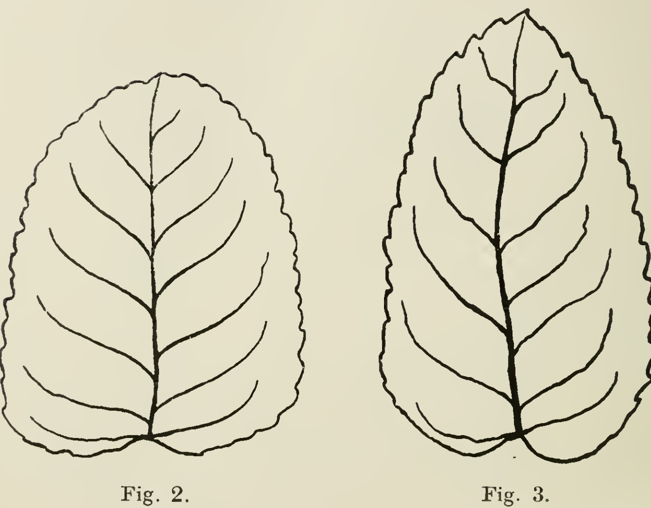


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. *M. rotundifolia* Hds. γ var. *crenatophylla* Top.
Fig. 3. *M. rotundifolia* Hds. ε var. *meduanensis* (D. D.) Bq.

2. Nerv. an der B.unterseite nicht besonders hervortretend, keine Höfe bildend.

A. B. beidsts. grün, verkahlend.

B. lgl. rundl., vorne stpf. o. rund, gewöhnlich 40 × 30 mm. Z. d. S. bestehend aus unrglm., 1—2 mm h., auß. ± konv. Dreiecken, Trapezen o. Parallelogrammen. Sch.ähren protandrisch, f. immer schlank u. unterbrochen, die protogynischen dünn. Pfl. wenig beh.:

δ var. **glabrescens** Timb.-Lagr.

(*M. Krockeri* Strail, *M. Calamintha* T. Lagr., *M. rot. L.v. clandestina* Wrtg. [forma *spicastris monstrosis*].) Deutschland, Frankreich.

B. B. unsts. weißlich fl. o. filz.

Serr. bestehend aus groben, 3 eck., 0,7—2,5 mm h., auß. konv. Z. mit nach vorwts. gerichteten o. seitwärts gebogenen, 1,5—5 mm entf. Enden. B. abger., vorne sehr stpf., zur Bas. herzf., obsts. beh. o. grün, untsts. filz., wollicht o.

weiß, 40—45 × 30—32 mm, Sch.ähren wie vorige Var.:

ε var. **meduanensis** (Dés. et Dur.) Bq.

f. **cordifolia** Top. B. dünn, obsts. zerstreut beh., hellgrün, untsts. feinweißl. fl., obere B. br. herzeif. ell., 40—50 × 35—40 mm, untere B. ell., 50 × 37 mm; Z. d. S. rglm., gr., mit auß. konv., inn. ger., 1—1,5 mm h., aufr., weichsp., 5—7 mm entf. Enden. Sch.ähren bis 10 cm lg., unterste Schw. auf eine Entf. von 5—15 mm getrennt; C. rosa. Pfl. reichäst.

Frankreich.

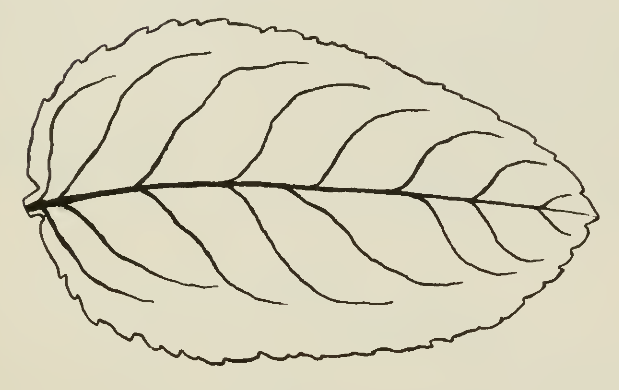


Fig. 4.

M. rotundifolia Hds. η var. *oblongifolia* Strail.

f. **pachystachya** (Timb. et Marçais Mss. in sched.) Top. Mittlere u. unt. B. durchwegs breit rundlich-ell., mit herzf. Bas., obsts. dicht kurzfl., untsts. dicht weißfilzig beh., 40×35 mm gr. Sch.ähren protandrisch, dicht u. zieml. kurz, die terminale bis 50 mm lg., 12 mm br. Stg. dicht weißfilzig.

Frankreich.

Serr. bestehend aus gut ausgeprägten Kerben, welche parallelogramm- o. trapezf., 1—2 mm h. u. 2—6 mm entf. sind. Obere B. rundl. o. sehr stpf., die stengelständigen u. unteren verlängerter, lgl., an der Bas. herzf., vorne abger. o. stpf., obsts. fl. u. freudiggrün, untsts. mit weißem Flaum, 40 × 25—30 mm. Netz der Nerven ins Parenchym vertieft, auf der Unterseite keine Vorsprünge u. auf der Oberseite keine Furchen machend. Sch.ähre mittelmäßig, dicht, die protandrischen 50—60×

12 mm im Durchschnitte, die protogyn. 50 × 7—8 mm: ζ var. **lachnaiochroa** Bq.
Deutschland, Frankreich (mit f. *glabrata*).

B. B. ± schmal, lgl. ell. o. ell. (Verhältnis der Länge zur Breite wie 1: 2—2,5).

Z. d. S. unrglm., 3 eck., 0,5—1 mm h., auß. konv. mit sp., 4—5 mm entf. Enden.

B. vorne stpf. o kurzkleinsp., an der Bas. die obern u. die Stengelblätter herzf., die untern zugez. abger., obsts. fl. u. grün, untsts. weißfilz., runzelig mit nicht hervortretender Nerv., 50—70 × 25—30 mm; Sch.-ähren protandrisch u. protogynisch, sehr schlank, dicht. Pfl. bis 6 dm h. Stg. einf. o. kurzästig, zieml. beh.: η var. **oblongifolia** Strail (non Lej.).
Frankreich.

Z. d. S. bestehend aus ± unrglm., trapezoidischen, 1 mm h. 1—3 mm entf. Kerben.

B. 40—45 × 20—23 mm; sonst wie vorige Var.: ϑ var. **craspedota** Bq.
= var. *oblongifolia* Lej.
Deutschland.

2. M. longifolia Huds.

= **M. silvestris** L. sp. pl. ed. 2.

B. lgl. lztt., eif. lztt. o. lztt. (lgl. u. lgl.-ell. Stengelblätter seltener, vorkommend bei großblättrigen Varietäten u. an den noch sterilen Erstlingstrieben), vorne sp. o. zugesp., an der Bas. verschm., zuger. o. herzf., obsts. flaumh. o. verkahlend, untsts. weißfilz., graufilz. o. graufl., sitzend o. f. sitzend; Nerv. ± einf., bei einzelnen Formen die Nerven 1. u. 2. Ordnung hervortretend, auch wohl den Filz in diesem + einf. Netze. Z. d. S. verschieden geformt, bei den allermeisten Varietäten aber 3 eckig. Sch.ähren walzenförmig, die noch nicht vollständig entwickelten kurz konisch zugesp., dicht weißfilz. o. dicht kurz grau beh.; Br. lineal, K. gl., innen beh., Kz. lineal-pfr. o. pfr.-fädlich. C. ohne Nectarostegium. Indument, bestehend aus ein- o. mehrzelligen, konischen, geraden o. gewundenen, ziemlich knotigen, durchwegs einf. Haaren. Stolonen nur hypogäische.

Stg., B. u. K. haben gewöhnlich eine grüne Färbung, so daß die Pfl. wegen der darauf haftenden weißl. o. graulichen Beh. ein weiß- o. graulichgrünes Aussehen hat; die Blüten haben eine weiße, rosenrote o. lila Farbe. Stg. u. K. derselben Varietät nehmen aber hier u. da auch eine dunkelrotbraune, die B. eine dunkelgrüne Färbung an, wobei durch das zugehörige graue o. grauliche Indument die ganze Pfl. einschließlich der Sch.ähren einen aschgrau-grünen Anblick bietet. Nebstbei haben die Blüten eine purpurrote Farbe u. die hellgrau bewimperten Nerv. 1. u. 2. Ordnung der B.unterseite treten beinweiß hervor (st. cinereus).

1. Anm. H. Braun trennt in seinem Werke den Formenkreis der *M. mollissima* Borkh. von dem der *M. silvestris* L. Erstere hat nach seinen Angaben beidsts. graubeh. u. untsts. kerbfilz., letztere obsts. grüne, nicht sehr dicht beh., untsts. filz. beh. Blätter ohne Kerbfilz; die Pfl. sind aber nicht graugrün (S. 390). Unter den *Silvestres* finden sich aber doch mehrere Varietäten mit unterseits ± kerbfilz. B., z. B. die *M. candicans* mit ihren Formen, aber auch grau aussehende Varietäten, so *M. Dossiniana* D. D., *M. cuspidata* Op. = *obscura* Tausch, *transmota* D. D. Briquet trennte in „Engler-Prantl, Die natürl. Pflanzenfamilien", IV/3 a S. 321 die kerbfilz. subsp. *Dumortieri* D. D. von der nicht kerbfilz. subsp. *longifolia* Hds., hält aber in seinem Werke „Les Labièes" diese Trennung nicht mehr aufrecht.

2. Anm. Der oben erwähnte status *cinereus* findet sich bei ein u. derselben Varietät in gleicher Lokalität — wenn auch nicht an Pfl. desselben Stockes — vor u. kann daher kein unterscheidendes Merkmal bei der Gruppierung der Varietäten bilden.

Übersicht der Varietäten und Formen. (Nach Bq. 1891.)

I. B. oberseits wenig flaumig oder ± verkahlend. (*Glabratae.*)

A. Serr. der B. geschlitzt, mit unrglm. zipfligen Anhängseln.

B. f. rundl., eif. o. eif.-lztt., an der Bas. herzf., obsts. grün-graul. mit dichter u. angedrückter Behaarung, untsts. graul. u. filz. u. mit weißlicher Nerv., ± zerknittert, 20—30 × 12—40 mm: *α* var. **undulata** K.

(*M. undulata* W., *M. foliosa* Op., *M. crispa* Auct.)
Kult. o. als Gartenflüchtling, sehr verbreitet.

B. Z. d. S. gewöhnlich, 3 eckig.

I. B. ± sehr br. eif.-lztt. o. lgl., lgl.-lztt.

B. sehr br. eif.-lztt., zur Sp. verschm. u. lg. zugesp., 90 × 35—40 mm; obsts. grüngraul., untsts. dicht weißfilz.: *β* var. **hololasia** Bq.

(*M. albida* D. D.) Nicht beobachtet.

B. gr., bis 110 × 45 mm, lgl. o. lgl.-lztt., sch. sp., die obern B. zugesp., mit schwach konv. R., Bas. herzf., obsts. grün u. kurzfl., untsts. kurz weißfilz. o. graufl. grün mit hervortretenden Nerv. 1., 2. u. 3. Ordnung, die untersten B. verkahlend; Z. d. S. gr., ungleich, aufr. o. nach vorne gerichtet, mit auß. sehr verschieden geformten, inn. konk. o. ger., 1—2 mm h., 5—8 mm entf., weichsp. Enden. Sch.ähren protogynisch, von verschiedener Struktur u. Dimensionen: die böhmischen Pfl. dicht, 80 × 12 mm, die französischen dünner u. locker, 40 × 9 mm, Pfl. bis 13 dm h.: *γ* var. **pagana** Top.

Böhmen, Frankreich.

II. B. br. lztt. o. einf. lztt. o. schmal lztt.

1. Z. d. S. (immer die der Stengelblätter) im allgemeinen hervortretend, sehr sch., 1—3 mm h.

A. Z. d. S. zahlr., gedrängt, 2—5 mm entf.

a) Sch.ähren kopfig o. kurz zylindrisch.

B. br. lztt., 70—80 × 28—32 mm: var. *capitata* Bq.
B. lztt., 40—80 × 15—25 mm: var. *seduanensis* Bq. 1896.

b) Sch.ähren verlängert.

† Z. d. S. unrglm., ungleich gr., derb. mit inn. ger., auß. konk. o. gew., fein weichsp., 2—3 mm h., 3—5 (8) mm entf. Enden.

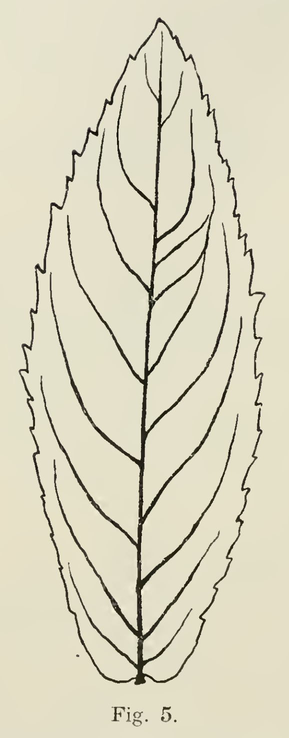


Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 5. *M. longifolia* Hds. δ var. *horridula* Bq. (auth.).
Fig. 6. *M. longifolia* Hds. ε var. *Laggeri* (D. D.) f. *Niederederi* Top.

B. br. lztt. o. lztt. lgl., zugesp., mit zieml. konv. R., obsts. verkahl. u. grün, untsts. weißfilz. o. weißgraufilz. 70—80—100 × 27—30—35 (40) mm. Pfl. bis 1 m h., auch im stat. cinereus:

δ var. **horridula** Bq.

(*M. candicans* Crtz. p. pte., *M. serrulata* Op. p. pte.)

Oberöst., Niederöst., Steiermark, Böhmen, Frankreich. Eine *M. horridula* im Wiener Hofmuseum, von Bq. bestimmt, zeigt B. teils mit dicht gedrängter (2—3 mm, entf.), teils mit dünnstehender S. (4—6 mm) wobei in den Buchten kleine Zwischenzähne stehen.

†† Z. d. S. ± unrglm., 1—2 mm h., 2 bis 5 mm entf.

o Intern. alle sehr kurz u. gleichlg., 2—3 cm lg.

B. mgr.-gr., lztt., zugesp., mit schwach konk. R., obsts., verkahl. u. grün, untsts. weiß- o. graufilz. o. flaum., 60—80—100 × 22 bis 25—28 mm; Z. d. S. mit inn. f. ger., auß. f. ger. o. well., lg., 1,2—1,5 (2) mm h., 2—5 mm entf., zugesp. Enden mit kl., nach vorwts. gerichteten Weichsp. Sch.ähre zieml. kurz, 4—6 cm lg. Pfl. auch im stat. cinereus:

ε var. **Laggeri** (D. D.) Bq.

Oberöst. (Voralpen).

f. **Niederederi** Top. B. kl. bis mgr., Z. d. S. feinsp. Sch.ähren kurz u. dick; Stg. meist einf. mit, 10—15 mm lg. m. Int.

Oberöst. (alpine Region).

B. mgr., eif. lztt., kurz zugesp., mit zieml. konv. R., mit verschm. Bas. sitzend, die Astb. kurz gestielt, obsts. grün o. dicht graufl.-grünl., untsts. dicht weißfilz. im Netze, 45—50—60 × 20 bis 25 mm. Z. d. S. mit sp. u. sch., inn. f. ger., auß. ger., konv. o. well., 1—1,5 (2) mm h., 3—5 mm entf. Enden. Sch.ähren protandrisch u. protogynisch, kl. bis mgr., bis 50 mm lg.:

ζ var. **ligustrina** (H. Br. S. a. 381). Top.

(M. lgf. v. *densicapilla* Bq. laut auth. Muster im Herbare des Wiener Hofmuseums.) Oberöst., Niederöst., Schlesien.

oo Int. ungleich lg., 2—7 cm lg.

* Z. d. S. inn. konk., auß. meistens konk., hervortretend, zahlr., gedrängt, mit nach vorne gerichteten, fein zugesp., 1—2 mm h., 2—6 mm entf. Enden mit vorwts. gebogener Weichsp.:

η var. **mollicoma** (Op.) Bq.

(*M. mollicoma* et *coerulescens* Op. p. pte.) Nicht beobachtet.

** Z. d. S. inn. gerade.

△ Z. d. S. auß. f. ger. o. konk., seltener leicht konv.

B. mgr.-gr., ± br. lztt., allmählich u. lg. zugesp., mit ± konv. R., an der Bas. zuger. o. herzf.,

obsts. grün u. kurz fl., untsts. weißfilz., 60—80—100×20—25—35 mm. Pfl. bis 1 m h.; Int. 4—7 cm:

ϑ var. **Favrati** (D. D.) Bq.

(*M. Decloëtiana, veronicaeformis, florida* Op., *candicans* Crtz., *M. Huguenini* D. D. p. pte.) Oberöst. Im Herbare des Hofmuseums in Wien befindet sich ein von Bq. bestimmtes Exemplar mit untsts. graufilz. u. kl. weichsp. B. mit beinweiß hervortretenden Nerv.

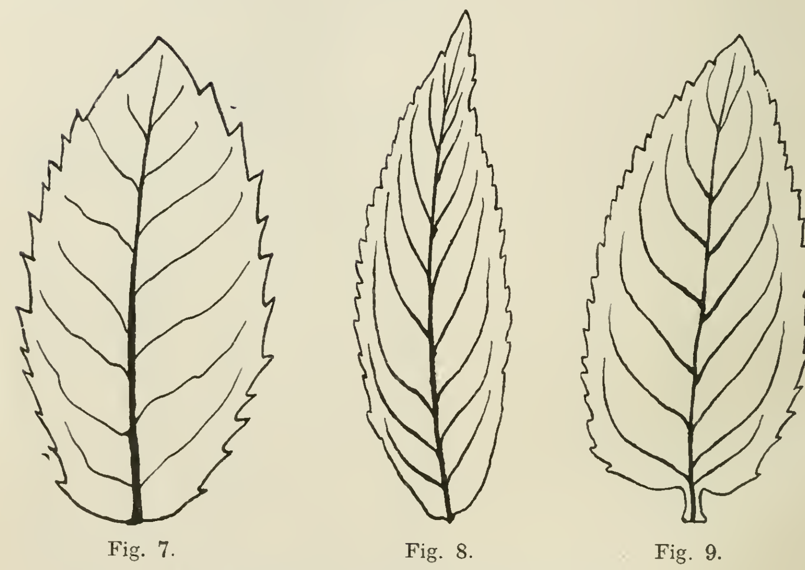


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 7. *M. longifolia* Hds. *η mollicoma* (Op.). Bq.
Fig. 8. *M. longifolia* Hds. *ϑ* var. *Favrati* D. D. (auth.).
Fig. 9. *M. longifolia* Hds. *ι* var. *serrulata* (Op.) f. *comata* Top.

B. mgr.-gr., br. lztt. o. lgl. lztt., sch. u. sehr kurz zugesp. mit zieml. konv. R., an der Bas. herzf., obsts. grün u. verkahlend, untsts. ± dicht weißfilz. o. graufilz., 60—80—100 × 22—25—30 mm; Z. d. S. rglm., sehr sp. u. sch., 1—2 × 2—5 mm, mit kl. Weichsp. Sch.ähre protandrisch u. protogynisch, bis 8—9 cm lg. Int. 3—6 cm. Pfl. auch im stat. cinereus:

ι var. **serrulata** (Op.) Top.

(*M. recta* D. D. sec. Bq. (1891) p. pte.) Oberöst., Niederöst., Mähren, Frankreich.

f. **comata** Top. B. o. lztt. lgl. o. br. lztt., mit br. herzf. Bas., untsts. graufilz. mit nicht hervortretender Nerv., B. der sterilen Triebe tiefherzf. u. mit bis 7 mm lg. B.stiel, 40—60—80 (90) × 25 (22)—26—40 mm; Z. d. S. meist sp. 0,8—1,7 × (2) 3—5 mm. Sch.ähren locker, mit beschopfenden Br. Pfl. im stat. cinereus.

Oberöst.

△△ Z. d. S. auß. f. ger. o. konk., nicht auch konv.

B. gr., lztt. o. schmallztt., allmähl. zugesp., mit mäß. konv. R., Bas. herzf., obsts. hellgrün u. verkahl., untsts. ± dicht weißfilz. o. graufilz., 80—90—100—110 × 23 (20)—27 (23)—32 (28)—35 (30) mm; Z. d. S. mit nach vorne gerichteten, ± fein zugesp., 1,5—2 mm h., 2—5 mm entf. Enden mit deutlicher Weichsp., Sch.ähren zieml. dicht u. die einzelnen Schw. deutlich erkennbar o. die untersten Schw. entf., 70 × 12 mm. Pfl. bis 17 dm h.: ϰ var. **ensidens** Bq.

Ungarn, Oberöst., Salzburg, Böhmen, Bayern. Hierher auch die var. *Lereschii* Bq. im Wiener Hofmusealherbar.

f. **Grinensis** Top. B. mgr. bis gr., lztt.-lgl., mit schwach konv. R., 70—80—100 × 18—20 bis 25 mm; Z. d. S. niedriger, 0,5—1 (1,5) × 2—5 mm; Sch.ähren dicht weißfilz.

Oberöst., Salzburg, Bayern.

B. mgr., lztt., ± scharf zugesp., mit zieml. konv. R., mit herzf. Bas. sitzend, obsts. grün, verkahl., untsts. weißfilz. o. graugrün u. filz., 50—70 × 22—28 mm. Z. d. S. mit zugesp., kurzweichsp., 1—2 × 1,5—4 (5) mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch u. protogynisch, gewöhnlich, bis 60 × 10 mm. Stg. einf., mit 3—5 cm lg. m. Int. (nach Originalien des Déséglise): λ var. **recta** (D. D.) Top.

Ungarn, Oberöst., Niederöst., Frankreich.

△△△ Z. d. S. auß. konk., seltener well., gezähnt f. o. ger.

B. mgr., lztt. o. lztt.-lgl., zugesp., mit ± konv. R., die obern B. gefaltet u. zurückgebogen, obsts. dicht kurzfl., hell- o. dunkelgrün, untsts. dicht weißfilz.,

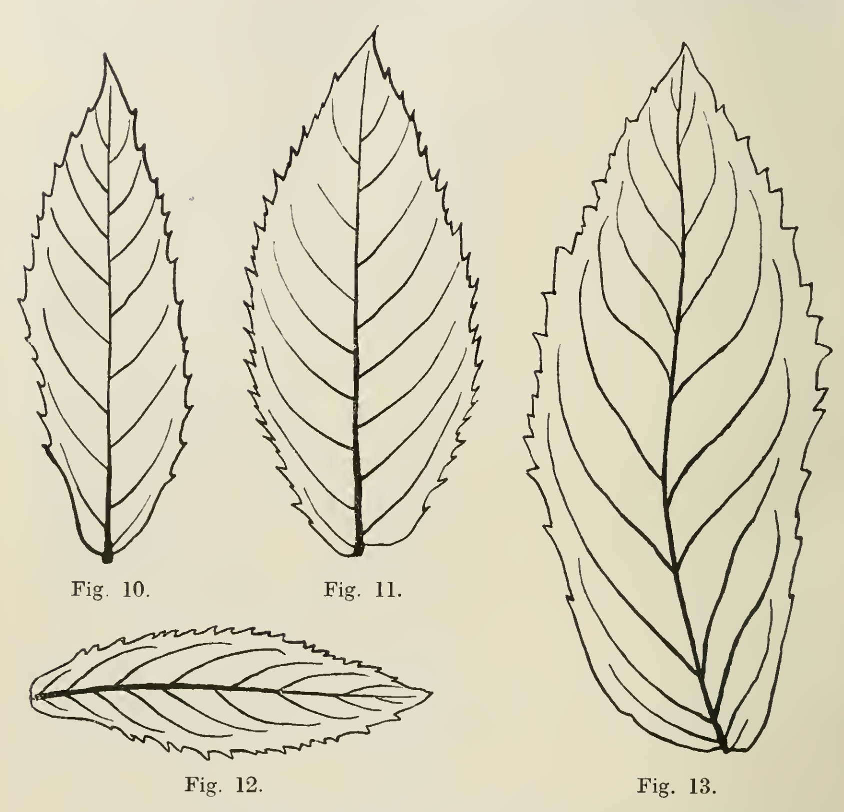


Fig. 10. *M. longifolia* Hds. ϰ var. *ensidens* Bq. f. *Grinensis* Top.
Fig. 11. *M. longifolia* Hds. λ var. *recta* D. D. (auth.).
Fig. 12. *M. longifolia* Hds. μ var. *acuminata* Top.
Fig. 13. *M. longifolia* Hds. ν var. *Huguenini* (D. D.).

meist kerbfilz., 35—50—60—80 × 15—20—20—25 mm. Z. d. S. ± rglm., sehr gedrängt, zahlr., mit zugeschweiften, 1—2 × 2—4 mm gr. Enden mit deutlichen, ger. o. geneigten Weichsp. Sch.ähren protandrisch, schlank, 40—70 × 6—8 mm, unten locker. Pfl. bis 9 dm h.; Stg. einf. o. ästig, untsts.

fl., obsts. ± dicht weißfilz., mit 1,5—4,5 cm lg. m. Int.:

μ var. **acuminata** Top. (in D. bot. Mon. 1911).

(*M. cuspidata* Op. p. pt. = pl. statu cinereo.) Oberöst., Böhmen, Südtirol.

f. **trachypriononta** Top. B. mit verschieden stark konv. R., obsts. verkahlend o. kahl, untsts. graufilz., mgr. bis gr., 65 (70)—80—90—100 × 20 (26) bis 24 (28)—25 (33)—35 mm; Z. d. S. sch., öfters aufgesetzt (mit geradlinigen, dem B.rand entsprechenden Buchten), deutlichen Weichsp., minder gedrängt stehenden, 0,8—1,8 × 3—5 mm gr. Z. Sch.ähren protandrisch, mgr.; Stg. kräftig, fl. behaart.

Oberöst.

B. Z. d. S. dünner stehend, 3—8 mm entf. (Erstlingsb. oft mit gedrängter Serr.).

B., ± br. lztt. o. lgl., mit zieml. konv. R., zugesp., Bas. herzf., obsts. grün u. verkahlend, untsts. dünn weißfilz., 60—80—100 × 20—28—39 mm; Z. d. S. auß. konk. o. gew., hervortretend, mit sehr sch. u. weichsp., 1—2,5 × 3—7 mm gr. Enden. Pfl. sehr kräftig, auch im stat. cinereus; Stg. fl.:

ν var. **Huguenini** (D. D.) Bq.

(*M. subsessilifolia* Op., *M. Brittingeri* Op. p. pte., *M. candicans* Cr., *M. long.* v. *oblongifolia* Bq.) Ungarn, Oberöst., Niederöst., Steiermark, Salzburg, Tirol, Böhmen, Frankreich.

B. zugesp. (Erstlingsb. sp.), mit zugezogener o. abger. Bas. sitzend, obsts. grün u. verkahlend, untsts. blaß- o. graugrün u. feinfl., von ungleichen Größenverhältnissen, aber immer von br. lztt.-lgl. Zuschnitte, 50 (60) bis 60 (70)—70 (80)—80 (90) × 23—25 bis 30—35 mm; Z. d. S. inn. ger., auß. ger. o. gew., weichsp., 1—1,8 × 3—7 mm, oft mit kl. Zwischenzähnen; Sch.ähren protandr. gewöhnlich, protogyn. locker u. bis 80 mm lg. Pfl. bis 13 dm h.; auch im stat. cinereus:

ξ var. **taphrophilla** Top.

Oberöst., Niederöst.

B. gr., verlängert-lztt., lg. zugesp., mit leicht konv. R., Bas. herzf., sitz., obsts. aschgraugrün u. angedrückt graufl., untsts. weißfilz., 50—120 × 15—30 mm; Z. d. S. kräftig, sch., dünn stehend, inn. ger., auß. well. o. konk. mit zugesp., aufr., 1—2 × 4—10 mm gr. Enden. Int. 3—5 cm lg.: ο var. **vallesiaca** Bq. (1896).

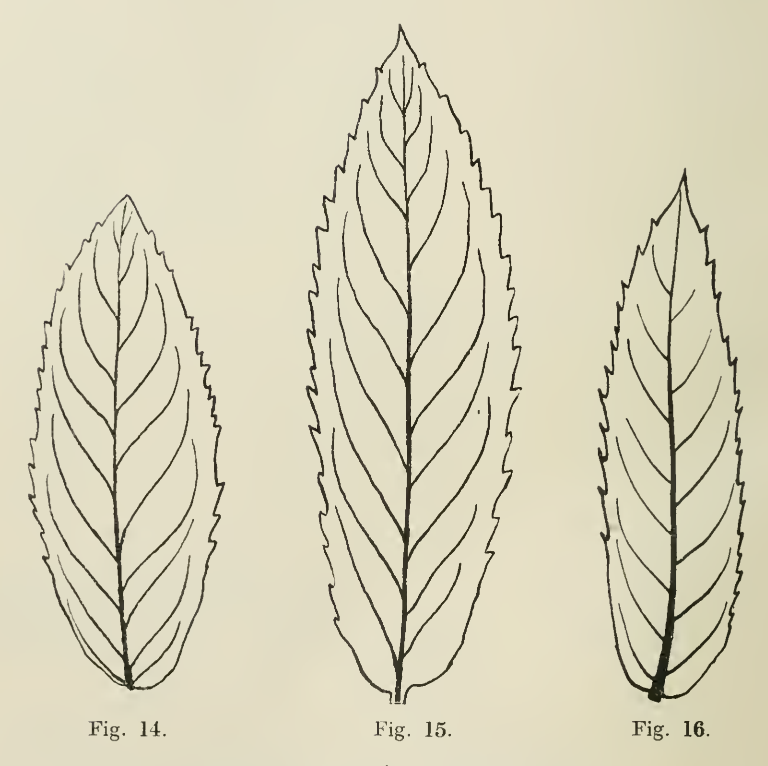


Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16.

Fig. 14. *M. longifolia* Hds. ξ var. *taphrophila* Top.
Fig. 15. *M. longifolia* Hds. π var. *hapalophylla* Bq.
Fig. 16. *M. longifolia* Hds. ϱ var. *alpigena* Kern. (auth.).

f. **subalpina** Top. Stg. schwach beh., grün, äst.; B. obsts. grün u. verkahl., untsts. graufl., 70—80—90 (100) bis 110 × 15—20—25—28 (32) mm, Astbl. f. pfr. zugesp.; Sch.ähren protandrische gewöhnlich, protogyn. locker u. schlank, bis 80 mm lg., die entwickelten oft bis hinauf unterbrochen, mit 30 . . .

20 . . . 10 . . . 5 mm lg. Zwischenräumen. Pfl. auch im stat. cinereus.

Niederöst., Oberöst. Alpen u. Voralpen. (*M. cuspidata* Op. p. pte.)

B. gr., lztt., weich, zugesp., mit mäßig konv. R., Bas. herzf., sitzend, obsts. grün, feinfl. o. verkahlend, untsts. weißkerbfilz. o. graufilz., 90—120 × 27 bis 30 mm; Z. d. S. grob, unrglm., dünn stehend, inn. ger., auß. konk. selten konv., zugesp., vorwts. gerichtet, 1—2 (3) × 4—8 mm gr., mit vorwts. geneigten Weichsp. Sch.ähren gewöhnlich. Pfl. bis 15 dm h. Stg. weißgraulich beflaumt: π var. **hapalophylla** Bq.

Niederöst. (Das authentische Muster im Herbar des k. u. k. Hofmuseums hat aber wenig hervortretende u. niederliegende Serr.) Hierher auch die var. *Hollósyana* (Borb.) Bq. im Wiener Hofmuseum, deren B. br. lgl., zugesp., mit ziemlich konv. R., in der Mitte am breitesten u. 60—100 × 23—40 mm gr. sind; die Z. d. S. stehen auch dünner als bei var. *hapalophylla*.

B. mgr. bis gr., lg. lztt., allmählich zugesp., gegen die Bas. konk., obsts. grün, feinfl., untsts. weißlich befl. o. weißfilz., 60—80—100×12—20—25 mm; Z. d. S. unrglm., abstehend, inn. f. ger. o. konv., auß. konk. o. f. ger., mit sp. o. zugesp., 1—2 mm h., 2—6 mm entf., weichsp. Enden. Sch.ähren dicht gedrängt, kurz. Stg. mit 2—3 cm lg. m. Int. ϱ var. **alpigena** (Kern.) Bq. (1896).

Tirol.

2. Z. d. S. im allgemeinen wenig hervortretend, 0,2 bis 1 mm h., nur einzelne Z. 1 mm u. etwas darüber h. werdend.

A. Z. d. S. zahlreich, gedrängt, 2—4 mm entf.

a) B. mgr. bis gr.

† B. allmählich zugesp.

o Z. d. S. unrglm., inn. f. ger. o. wenig konk., auß. meist konv., 1 × 1—2 mm gr.

B. lgl. lztt., zugesp. o. sp., Bas. herzf., obsts. kurz- u. dichtfl., untsts. weißfilz., 40—60 × 17 bis 20 mm: σ var. **gibbosidens** Bq.

(Nicht beobachtet.)

oo Z. d. S. inn. ger., auß. ger. o. konk. o. beides, vorwts. gerichtet, 0,3—1 m × 1—7 mm gr.

B. lztt., mit mäßig konv. R., Bas. herzf., obsts. grün u. verkahlend, untsts. weißfilz., f. sitz. o. kurz gest. 70—90 × 20 bis 27 mm; Z. d. S. ± rglm., ungleich gr., oberflächlich (o. ± sp. = *serrulata* Auct.) kl., 0,3—1 × 1—7 mm gr. (nach D. D. p. 329 ist aber die Serr. zieml. tief). Sch.ähren protandrische dicht, bis 80 mm lg., protogyn. locker u. kleiner. Stg. mit 3—5 cm lg. m. Int. Pfl. auch im. stat. cinereus:

τ var. **iurana** (D. D.) Bq.

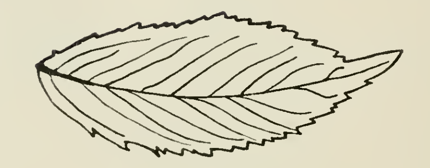


Fig. 17.

M. longifolia Hds. τ var. *iurana* (D. D.).

(*M. candicans* Cr. p. pte., *M. Dossiniana* D. D. p. pte.) Unterscheidet sich von der var. *ensidens* außer durch den trachtlichen Charakter des gedrängteren Wuchses nur durch die seichtere u. kleinsp. Serr. des Großteiles der ganzen Belaubung. Zur sicheren Beurteilung einer derartigen Form ist die Vorlage einer größeren Anzahl von an gleicher Stelle gesammelten, vollaubigen Mustern unentbehrlich. Oberöst., Niederöst. (Fl. exs. austro-hung. num. 642 „*candicans*"), Steiermark, Salzburg, Frankreich.

B. mgr., Z. d. S. auß. ger. o. well., feinsp. Int. 2—3 cm lg. s. ε v. **Laggeri.**

B. schmallztt., mit wenig konv. R., Bas. herzf., obsts. grüngraufl., untsts. dicht reinweißfilz., 60—80 × 15—18 mm; Z. d. S. sehr gedrängt, ungleich, auß. ger., mit sch., vorwts. gerichteten, kl. weichsp., 0,3—1 × 2—3 mm gr. Enden. Sch.ähren ± zahlr., eher kurz, reichlich weißfilz. Stg. mit 3—5 cm lg. m. Int.:

υ var. **Eisensteiniana** (Op.) Bq.

000 Z. d. S. inn. f. ger., auß. f. ger. o. konk., weichsp., 0,5—1 (1,5) 2—5 mm gr. B. schmallztt.:

s. v. ϰ *ensidens* f. **Grinensis.**

0000 Z. d. S. niedrig, inn. konk., auß. konk. o. f. ger., mit niederliegenden, 0,4—0,8, selten 1 mm h., 2—12 mm entf. Enden mit winziger o. keiner Weichsp.

B. mgr. bis gr., weich, lgl. lztt., allmählich zugesp., mit br. Bas. sitzend, mit schwach konv., in der Mitte eine Strecke parallelen R., obsts. grün, feinfl., untsts. weißfilz., 70—90—120 × 15—18 bis 25 mm. Sch.ähren protandrisch, dicht, bis 60 mm lg, dicht weißfilz. wie der ganze Stg.; dieser mit 5—6 cm lg. m. Int.:

φ var. **reflexifolia** (Op.) Top.

(*M. mollissima* Auct.) Frankreich.

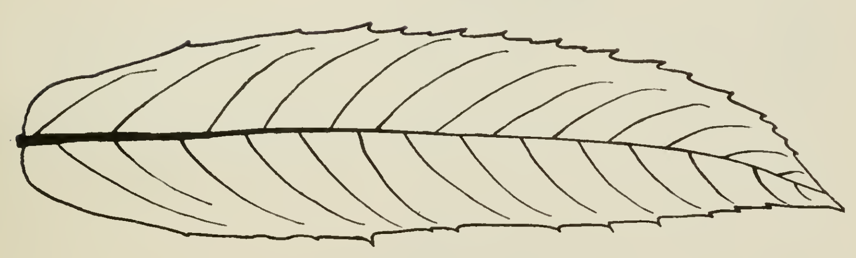


Fig. 18.

M. longifolia Hds. φ var. *reflexifolia* (Op.) Top.

†† B. sp. o. zugesp.

B. breiteif.-ell., mit sehr konv. R., mit verschm. Bas. sitz., obsts. trübgrün, kurz- u. feinfl. o. dunkelgrün u. verkahlend, untsts. dicht weißfilz., 40—60—80 × 20—30 bis 37 mm; Z. d. S. sch. u. sp. o. zugesp., inn. ger., auß. konk., mit aufr. o. schwach vorwts. geneigten, weichsp., 0,6—1 × 1—3 mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch, dicht u. ziemlich kurz (bis 5 cm lg.). Pfl. bis 7 dm h.; Stg. einf. o. äst., mit 3—4 cm lg. m. Int.:

χ var. **mosoniensis** (H. Br.) Top.

Ungarn, Niederöst., Oberöst. (auch im stat. glabresc.). Hierher auch M. lgf. v. *oblongifolia* Bq. im Herbar des Wiener Hofmuseums mit B. lgl. o. lztt-lgl., untsts. leicht weißfilz.; Z. d. S. unrglm. u. ungleich, inn. ger. o. konv., auß. gew. o. f. ger.

B. br.-lztt., mit breiter, herzf. Bas., untsts. graufilz.; Z. d. S. sp., auß. f. ger. o. konk.: s. ι var. *serrulata* f. **comata** Top.

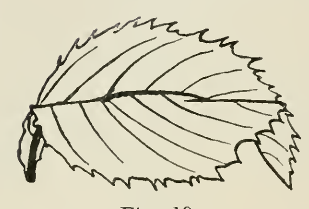


Fig. 19.

M. longifolia Hds. χ var. *mosoniensis* (H. Br.) Top.

b) B. kl. bis mgr. Stg. mit kurzen, 25—35 mm lg. m. Int.

B. br. lztt., sp. o. sehr kurz zugesp., mit sehr konv. R., Bas. herzf., 40 × 17 mm; Z. d. S. rglm., zahlr., gedrängt, sch., sp., auß. ger. o. leicht konk., mit 0,3—1 × 1—4 mm gr., unmerklich weichsp. Enden. Sch.ähren protandrisch, mgr.:

ψ var. **collivaga** Bq.

Südtirol.

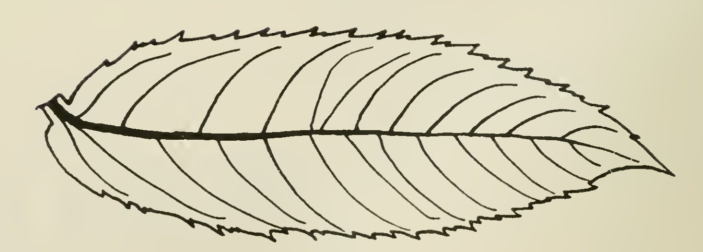


Fig. 20.

M. longifolia Hds. ω var. *ochroleuca* Top.

B. lgl.-lztt., zugesp. (Astblätt. lztt. u. lg. zugesp.), mit mäßig konv. R., Bas. zuger. u. f. herzf. obsts. hellgrün, fein befl., später verkahlend, untsts. weißgraufilz., 40—50—70 × 15—18 (20) bis 22 (25) mm; Z. d. S. zieml. rglm., minder zahlr., gedrängt, mit inn. ger. o. konk., auß. f. ger. o. schwach konv.

o. etwas gew., fein sp., 0,5—1 × 3—4 mm gr. Enden mit vorwts. geneigten Weichsp. Sch.ähren zart, locker, am Grunde meist unterbrochen, dichtweißfilz; Br. u. Kz. lg. zottig bew. C. gelblichweiß. Stg. befl.:

ω var. **ochroleuca** Top.

Oberöst.

f. **villocaulis** Top. Stg. dicht kurzwollig. B. mit stellenweisem weißen Kerbfilz an der Unterseite; Z. d. S. zum Großteil schwach konk. u. aufgesetzt (mit geradlinigen Buchten).

Vorarlberg.

B. lztt., mit schwach konv. R.; Z. d. S. fein zugesp., aufr., auß. f. ger. o. well.; Sch.ähren kurz u. dick; m. Int. 10—15 mm lg.:

s. ε var. *Laggeri* f. **Niederederi** Top.

B. Z. d. S. dünner stehend, 3—10 mm entf.

a) B. mgr. bis sehr gr. (bis 120 mm u. darüber lg.).

† B. allmählich zugesp.

B. schmallztt., mit schwach konv. R., Bas. abger. o. zugez., obsts. grün, feinfl., untsts. fein weißfilz., 80—100 × 14—20 mm; sehr kurz gest. o. f. sitz.; Z. d. S. inn. ger., auß. konk. o. f. ger., mit zugesp., 0,5—1 × 3—7 mm gr. Enden mit vorwts. geneigten Weichsp. Sch.-ähren protandrisch, kurz u. dick, bis 5 cm lg., 1,3 cm br., unterste Schw. getrennt:

α^1 var. **discolor** (Op.) Top.

Niederöst., Böhmen.

B. (besonders die Astblätt.) schmallztt., mit schwach konv. R., Bas. verschm. u. herzf., obsts. grün u. verkahlend bis mattgraugrün u. dichtfl., untsts. fl. o. leicht weißfilz., sitz. o. f. sitz., 70—90 bis 120 × 20—25—32 mm; Z. d. S. ungleich gr., sp., sch., mit inn. ger., auß. meist konk., vorwts. gestellten, kurzweichsp., 0,5—1 mm h. (nur bei den größten B. hier u. da höher), 3—8 mm entf. Enden. Sch.ähren protandrisch, mgr., dicht graubeh. Pfl. auch im stat. cinereus:

β^1 var. **transmota** (D. D.) Bq.

(*M. cuspidata* Op.) Oberöst., Niederöst., Salzburg, Sachsen, Frankreich, Bayern.

f. **petiolata** (Wirtg.). B. 5 mm lg. gest., Bas. verschm., abger. Sch.ähren protandrisch, dick.

Mähren.

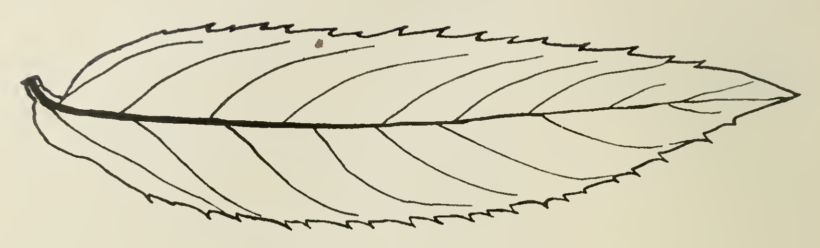


Fig. 21.

M. longifolia Hds. β^1 var. *transmota* (D. D.) (auth.).

f. **angustissima** Top. B. sehr schmallztt., über viermal länger als breit, bis 8 mm lg. gest.

Bayern, Frankreich.

Hierher gehört auch die *M. Brittingeri* Op. exsicc. (leg. Brittinger, Steyr), welche aber mit den Beschreibungen dieser Pfl. in Opiz, Naturalientausch und in H. Braun, S. 396 nicht übereinstimmt.

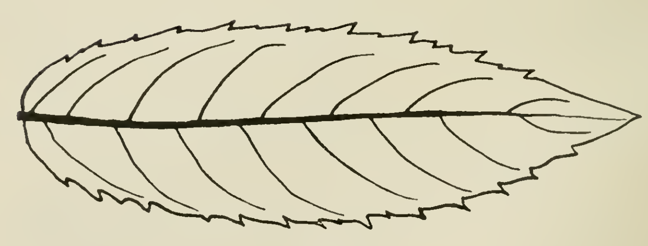


Fig. 22.

M. longifolia Hds. γ^1 var. *Weinerniana* (Op.).

B. $\pm$ br. lztt. o. einf. lztt., mit mäßig konv. R., Bas. herzf., obsts. grün u. fl., untsts. weißfilz., 70—80—90 × 20—25—27 mm, $\pm$ kurz gest.; Z. d. S. $\pm$ rglm. mit vorwts. gerichteten, auß. konk. o. gew. feinsp., 0,3—1 × 2—5 mm gr. Enden. Pfl. auch im stat. cinereus:

γ^1 var. **Weinerniana** (Op.) Bq.

(*M. florida, Wondračekii, coerulescens, discolor, serrulata* Op., *M. candicans* Cr.) Oberöst., Niederöst., Salzburg, Mähren,

Böhmen, Bayern, Sachsen, Frankreich. Die Fl. exs. austro-hung. hat unter Nr. 642 als „*M. candicans*" zwei ganz verschiedene Formen ausgegeben: die eine gehört hierher, die andere ist eine var. *iurana* im stat. cinereus. Da bei diesem Exsikkatenwerk jede Nummer in 100 Herbarexemplaren gesammelt werden mußte, wird die Beschaffung einer solchen Menge gleicher Formen von gleichem Fundorte wohl unmöglich gewesen sein.

f. **Pahinensis** Top. B. untsts. dicht weißfilz., deren R. mehr konv., 40—50—80 mm. Sch.ähren locker.

Oberöst., Mähren.

†† B. sp. o. kurz zugesp.

B. br. lztt., kurz, mit zieml. konv. R., Bas. herzf., obsts. feinfl. o. graugrün, untsts. weißfilz., 50—20 (23) mm; Z. d. S. angedrückt, auß. ger. o. konk., mit sch., nach vorwts. gerichteten, oft nicht weichsp., 0,3—0,8 × 3—8 mm gr. Enden: δ^1 var. **pachylodes** Bq.

Niederöst. Hierher var. **grandis** Bq. Herbar des naturhist. Hofmuseums in Wien: B. lgl. o. lztt.-lgl.; mit wenig konv. R.; Z. d. S. 5—10 mm entf.

II. B. obsts. dicht kurz grauflaumig beh., mit ± schlanken Ähren. (*Grisellae.*)

A. Sch.ähren dicht, nur die untersten Schw. getrennt.

B. kl. bis mgr., eif. o. kurz eif.-lztt., spitzl. o. stpfl., mit zieml. konv. R., sitz., obsts. kurz graufl., untsts. weißl. kerbfilz., 30—40—45×18—20—25 mm; Z. d. S. unrglm., ungleich, niedrig, sp. Ped. u. K. dicht beh. Sch.ähren bis 70 mm lg. dicht o. am Grunde unterbrochen: ε^1 var. **Dumortieri** (D. D.) Top.

Niederöst., Südtirol.

f. **norica** (H. Br.) Top. B. eif.-lztt., sp. o. etwas zugesp., obsts. dicht anliegend beh., untsts. weißl. filz., 20—30 × 10—15 mm; Z. d. S. sp., inn. ger., auß. well. o. konk., 0,5—0,75 × 1—1,5 mm. Sch.ähren kurz u. dicht, bis 50 mm lg.

Niederöst., Frankreich (f. *minor* Mlvd.).

B. kl. bis mgr., eif.-lztt. o. lgl.-lztt., sp. o. zugesp., mit mäßig konv. R., Bas. abger., obsts. feinfl. graul. beh., untsts. graul. o. weißl. filz. o. kerbfilz., 30—40—50 bis 60 × 10—13—15—20 mm; Z. d. S. dünner stehend, kl., fein sp., o. zugesp. u. abstehend, oft dem B.rande aufgesetzt, 0,3—1 × 4—8 mm gr. Sch.ähren

schlank, bis 9 cm lg., oft die untersten 2—6 Schw. getrennt: ζ¹ var. **mollis** (Roch. ampl.) Bq.

(M. longf. Hds. subsp. *mollis* Bq. in Engler-Prantl, Die nat. Pfl.familien, IV./3a S. 321, *M. incana* W., var. *densicapilla* Bq., var. *subintegrifolia* Bq., var. *pantotricha* Bq., var. *stenantha* Borb., *M. Wierzbickiana* Op. in H. Br. 8. 385 unterscheidet sich von var. *mollis* Roch. (= *M. Rocheliana* Borb. et Br. S. 384) nur durch: B. sp., Z. d. S. f. sp., Sch.ähren bis 12 cm lg. mit stets 3—4 getrennten Schw. Die in der Fl. exs. austro-hung. unter Nr. 1748 herausgegebene *M. Wierzbickiana* hat aber: B. fein zugesp., Z. d. S. fein zugesp. u. aufgerichtet. Hierher auch Fl. exs. Nr. 1747 „*incana* W.".)

B. mgr., obsts. dicht graufl. bis verkahl., untsts. kerbfilz., 45—60 × 20—25 mm: s. ζ var. **ligustrina** (H. Br.).

B. kl. bis mgr., allmählich zugesp., obsts. hellgrün u. dicht feinfl., untsts. weißfilz. o. weißfl., sitz. o. sehr kurz gest., 30—45 × 7,5—12 mm; Z. d. S. sehr fein, samt Weichsp. nur 0,5 mm h., die Enden 3—5 mm entf., obere B. oft ganzrandig. Sch.ähren schmal, bis 70 mm lg., 9 mm br., untere 2—3 Schw. getrennt: η¹ var. **divaricata** (Lag.) Top.

Südtirol.

B. Sch.ähren locker und alle o. f. alle Schw. voneinander entf.

I. B. eif.-lztt. o. lztt.

B. lztt. sp., Astblätt. lztt. u. allmähl. zugesp., beidsts. graugrün, sitz. o. kurz gest., 20—30—40 × 7,5 bis 10—15 mm; Z. d. S. fein, die der Astblätt. sehr niedrig, mit sp. o. spitzl., auß. ger., konk. o. well., 0,3—0,8 (1) × 2—5 (6) gr. Enden. Sch.-ähren protandrisch, schlank, locker, perlschnurförmig, bis 12 cm lg.:

ϑ¹ var. **viridescens** (Borb.) Bq. (1896).

Ungarn, Südtirol.

B. eif.-lztt. o. lztt., kurz zugesp., mit an der Bas. sehr konv. R., sitz., obsts. graufilz., untsts. weißfilz., 20—50 × 10—18 mm; Z. d. S. auß. sehr konk. o. well., unrglm. mit vorwts. liegenden o. zurückgekrümmten 0,5—1 × 2—5 mm gr. Enden. Sch.ähren locker, alle Schw. in fast gleichlg. Abständen getrennt, bis 12 cm lg.: ι¹ var. **seriata** (Kern.) Bq. (1896).

Dalmatien.

II. B. lgl.-lztt. o. lztt.

B. sp. bis zugesp., obsts. dicht graulich beh., untsts. graulichfilz. im Netze 20—40 (55) × 7,5—15 mm; Z. d. S. sp., sch., öfters mit eingekrümmten, 0,3—0,8 × 2—5 mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch, sehr schmal u. zart, f. alle Schw. von ein. entf., bis 120 mm lg., 6 mm br. Blüten sehr kl.: κ¹ var. **minutiflora** (Borb.) Bq. (1896).

Ungarn.

3. M. viridis L.
= M. spicata Hds.

„B. lztt., eif.-lztt. o. lgl.-lztt., sitz. o. f. sitz., kahl o. f. k., Nerv. einf. Serr. bestehend aus sp. 3eck. Zähnen; Br. lin., k. o. bewimpert; Schw. der Sch.ähren genähert o. entf.; K. glockig, an der Bas. k., mit zugesp.-pfr. Z. C. ohne Nectarostegium; Nüsse feinpunktiert, k." Bq. (1891).

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. Z. d. S. niedrig, meistens niedriger als 1 mm.

I. Z. d. S. dünner stehend, 3—7 mm entf.

B. lztt., die Astblätt. eif.-lztt., ± zugesp., mit schwach konv. R., Bas. abger. o. etwas verschm., beidsts. k. o. f. k., sitz. o. f. sitz., 40—50—60 (70) × 10—17 mm; Z. d. S. sp., inn. ger., auß. well. o. konk., mit bis 1,2 mm h., bis 5 mm entf. Enden mit vorgebogenen Weichsp. Sch.ähren schlank, unt. Hälfte ± unterbrochen. Br. etwas bew., Ped. u. K. kahl. Stg. k. o. f. k., mit bis 5 cm entf. m. Int.: α var. **viridis** (L.) Kern.

Dalmatien, Frankreich; sonst kult.

f. **rubicunda** H. Br. et Top (D. bot. Mon. 1895, Nr. 11). B. untsts. an den Nerv. etwas befl.; Z. d. S. fein zugesp. Sch.ähren bis 115 mm lg., bis oben unterbrochen, Kz. bew. Stg. rötlich, befl., mit 2—3 cm lg. m. Int.

Deutschland.

B. lztt., mit leicht konk. R., Bas. etwas verschm., herzf., beidsts. grün, k. o. f. k., öfters rot überlaufen, kurz gest., 40—50—60 (70) × 15—20—22 mm; Z. d. S. winzig o. kl., inn. durch die vorgeneigte Weichsp. konk., auß. well., mit sp. o. zugesp. 0,2—0,5 mm h., 3—7 mm entf. Enden; Sch.ähren protandrisch, schlank, unterbrochen, bis 10 cm lg., Br., Ped. u. K. spärlich beh. Stg. u. Äste grün o. rot, f. k., mit 25—50 mm lg. m. Int.: β var. **minutodonta** Top.

Frankreich, Südtirol.

B. mgr. bis gr., eif.-lztt., aus br. abger. Bas. mit stark konv. R., zum Scheitel geradlinig zusammenneigend u. zugesp., beidsts. freudiggrün, k., sitz., 60—80 × 25—35 mm; Z. d. S. kl., dem B.rande aufgesetzt, auß. well., mit 0,3—0,8 × 3—7 mm gr. Enden mit auf- o. vorwts. geneigter Weichsp. Sch.ähren kurz, schlank, am Grunde unterbrochen, Ped. k., Br. u. K. bew. Stg. sehr ästig, rot, mit 4 cm lg. m. Int.: γ var. **laeteviridis** Top.

Frankreich.

Hierher auch: B. lztt., zugesp., mit lg. u. wenig konv. R., Bas. herzf., sitz., obsts. freudiggrün, k., untsts. bleichgrün, f. k., 70—90 × 18—20 mm; Z. d. S. wie var. γ, Sch.ähren dicht: var. **spadana** Bq. (1895).

II. Z. d. S. zieml. zahlreich, 2—5 (7) mm entf.

B. lztt., Zuschnitt, Größe u. Indument wie var. *α*. Z. d. S. ± unrglm., auß. konk., ger. o. gew., mit zugesp., weichsp., vorwts. geneigten, 0,8—1 × 2—4 (7) mm gr. Enden. Sch.ähren schlank, untere Hälften unterbrochen; Br. u. K. wenig bew. Stg. kräftig, rötlich, mit 5 cm lg. m. Int.: *δ* var. **piperella** (L. et C.) Bq.

Schweiz.

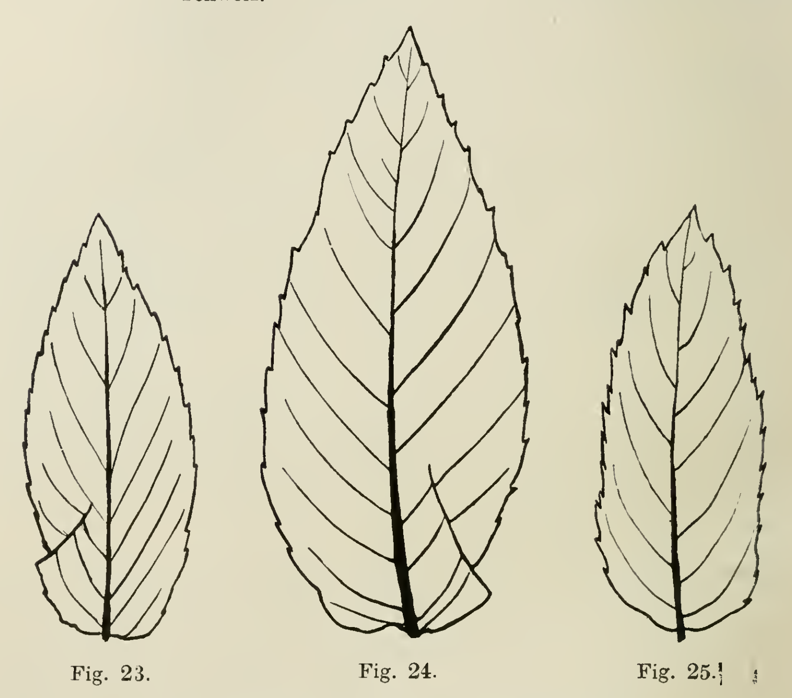


Fig. 23. Fig. 24. Fig. 25.

Fig. 23. *M. viridis* L. *β* var. *minutodonta* Top.
Fig. 24. *M. viridis* L. *γ* var. *laeteviridis* Top.
Fig. 25. *M. viridis* L. *ε* var. *allodonta* Top.

B. mgr., lgl.-lztt. o. e i f., sp., mit ± konv. R., meistens gegen die Bas. am breitesten, mit br., zuger. Bas. sitz. o. f. sitz., beidsts. k., obsts. hellgrün, untsts. bleichgrün, 40—50—60 × 15—18—23 mm; Z. d. S. unrglm., sehr ungleich, gedrängt, von allen möglichen Formen, mit zugesp. o. sp., winzig weichsp., meistenteils vorwts. geneigten, 0,2—1 × 2—5 (6) mm gr. Enden. Sch.ähren schlank, f. ganz unterbrochen, f. k., bis 7 cm lg. Stg. grün, k., mit 40—50 mm lg. m. Int.: *ε* var. **allodonta** Top.

Frankreich (kult.).

B. wie vorige. Z. d. S. gedrängt mit pfr. zugesp., inn. ger. o. well., auß. konk. o. well., 0,5—2 ×

3—5 mm gr. Enden. Sch.ähren schlank, dicht, Br. bew. u. die Schw. beschopfend, Kz. lg. bewimpert. Stg. kräftig, rot, einf. o. ästig, mit 3 cm lg. m. Int.:
ζ var. **Walteriana** (Op.) Top.

Pommern. (teste H. Br.)

B. Z. d. S. hervortretend, zum größten Teil höher als 1 mm.

I. Z. d. S. dünner stehend, 3—10 mm entf.

B. mgr. bis gr., e i f., aus abger. o. herzf., s e h r k o n v. Bas. zur sch. Sp. verschm., beidsts. grün u. k., sitz., 50—60—70—80 × 28—30—36—40 mm; Z. d. S. unrglm., inn. ger. o. konk., auß. f. ger. o. well. o. etwas konv., mit aufgerichteten o. vorwts. geneigten, 0,5—2 × 3—10 mm gr. Enden. Sch.ähren mgr., locker, untere Schw. entf., k. Stg. mittelstark, rötlich, meist einf. k., mit 5—6 cm lg. m. Int.:
η var. **laevigata** (Wlld.) Top.

Frankreich.

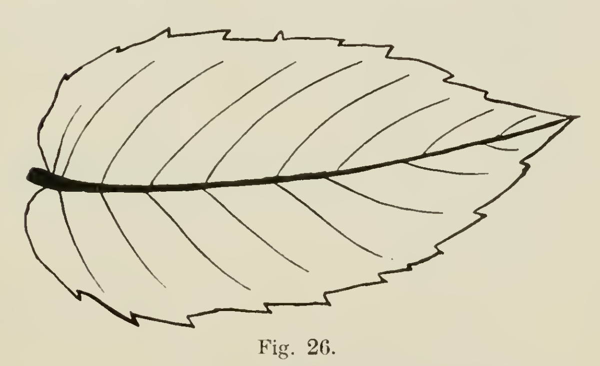


Fig. 26.

M. viridis L. η var. *laevigata* (Wlld.) Top.

B. mgr., l g l.- l z t t., gefaltet, zugesp., mit ziemlich konv. R., Bas. abger. o. verschm., obsts. dunkelgrün, untsts. bleichgrün, k., sitz. o. kurz gest., 60—70 × 20—25 mm; Z. d. S. unrglm., f e i n z u g e s p., sonst wie vorige. Sch.ähren mgr., etwas locker, untere Schw. entf. Stg. ästig, zieml. kräftig, mit 6—7 lg. m. Int: ϑ var. **Tauscheri** Top.

Ungarn.

B. mgr. bis gr., b r. - l z t t., zugesp., mit ± konv. R., Bas. abger., oft herzf., oft die B.fläche auffallend einseitig verlängert (f o l i a o b l i q u a), obsts. dunkelgrün, k., untsts. bleichgrün, f. k., s i t z. o. s e h r k u r z g e s t., 60—80 × 25—28—30 mm; Z. d. S. ± rglm. zugesp., inn. konk. o. f. ger., auß. ger. o. konk., mit aufrechten o. vorwts. geneigten, dem B.rande a u f g e s e t z t e n, 1—1,5 (2) mm h., 4—10 mm entf., durch 2—7 mm br. Buchten ge-

trennte Enden. Sch.ähren bis 8 cm lg., ± unterbrochen, f. k. Stg. grün, zerstreut befl., mit 3—4 cm lg. m. Int.: ι var. **sinuosa** Top.

Frankreich (kult.). Pommern (am Stralsund).

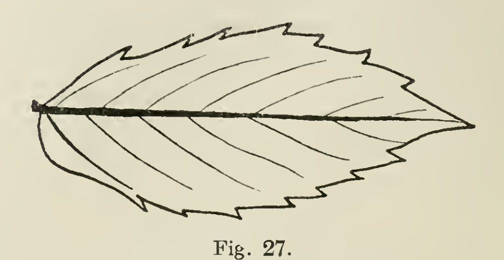


Fig. 27.

M. viridis L. ι var. *sinuosa* Top.

B. mgr. bis gr., schmal-lztt., allmählich zugesp., mit wenig konv. R., Bas. verschmälert abger. u. f. herzförmig, beidsts. k., untsts. mit hervortretenden Nerv. 1. u. 2. Ordnung, 65 (70)—80—90 × 12 (15)—16 (22) bis 20 (23) mm sitz. o. f. sitzend; Z. d. S. ± rglm., mgr. bis gr., meist aufgesetzt, mit inn. f. ger., auß. well., 1,5 bis 2,5 mm h., 5—8 (10) mm entf. Enden u. 3—8 mm lg. Buchten. Sch.ähren locker, die terminale 8—9 cm lg., untere 2—3 Schw. in Abständen von 10—20 mm getrennt, f. k. Stg. kräftig, grün, k., bis 8 dm h. werdend: ϰ var. **stenophyllon** Top.

Mähren (als *M. Lejeuneana* Op., die aber H. Br. S. 401 beschreibt: B. am Grunde keilf., untere lg. gest., die obern zugesp., kurz u. sch. gesägt).

Hierher dürfte gehören: B. ell., stpf., Bas. rund o. herzf., 40—50 × 17—20 mm; Z. d. S. auß. konk. o. gew., 0,3—1 × 3—10 mm gr.: var. **holotilta** Bq. (1896).

C. Z. d. S. geschlitzt.

B. br. eif. mit vorgezogenem Scheitel, runzlig kraus, f. k.: λ var. **crispata** Schrader.

Bayern (kult.).

4. M. aquatica L.

= M. hirsuta L.

„B. immer gest., eif., lgl., ell. o. rundlich. Nerv. einf. Serratur bestehend aus Zähnen o. Kerben. Schw. alle gest., die untern gemeiniglich länger gest. als die andern. K. röhrig, mit lztt. o. lztt.-pfr. Z. u. zusammengesetzter, auß. hervortretender Nerv. C. mit einem Nectarostegium ausgestattet. Nüßchen warzig. Indument wie *M. longifolia*, aber kräftiger, nicht filz. Drüsensystem sehr entwickelt, besonders auf der Unterfläche der B. u. der K.: (Bq. 1891), Pfl. meist protandrisch, aufrecht, beh., Ped. u. die ziemlich gr. K. beh.

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. B. breit eif. o. breitell. u. zieml. kurz. spitz. (*Latifoliae*).

I. Z. d. S. hervortretend, bis 1,5 mm u. darüber h. werdend.

1. Pfl. wenig beh. bis verkahlend.

B. mgr. bis gr., spitzl. o. stpfl., Bas. zuger., herzf. o. kurz zum B.stiele zugez., 40—50—60—80 × 25—30—40—50 mm, zieml. lg. gest.; Z. d. S. zahlr., rglm., auß. ger. o. ein wenig konv. o. gezähnelt, vorwts. gerichtet, mit 1—2 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Köpfchen gr., bis 5 cm lg. u. 2 cm br.; unterste Schw. getrennt. Pfl. sehr kräftig, bis 1 m h. werdend; m. Int. bis 9 cm lg.: *a* var. **capitata** (Op.) Bq.

(*M. hirsuta*, var. *latifolia* Beck., *M. aquatica* (L.) Auct., *M. pedunculata* Pers.) Niederöst., Vorarlberg, Frankreich.

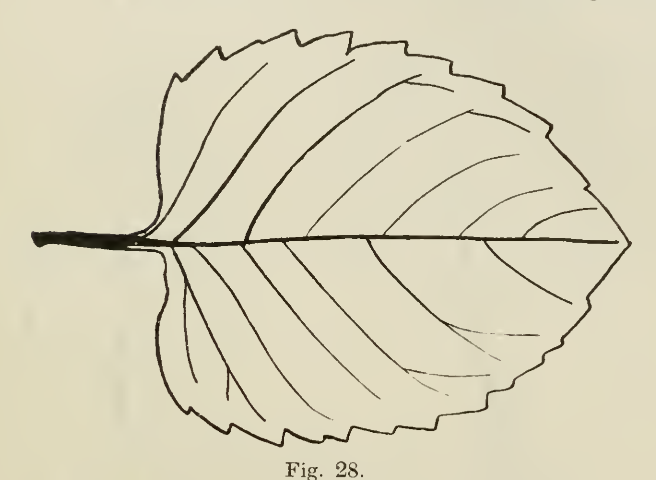


Fig. 28.

M. aquatica L. *a* var. *capitata* (Op.) f. *valdelata* Top.

f. **maxima** Top. B. sp. o. kurz zugesp., 60—70—80 (90) × 35 (40)—40 (50)—50 (60) mm; Z. d. S. 1—2,5 × 3—8 mm gr.
Frankreich.

f. **valdelata** Top. B. spitzl., Bas. br. u. geradlinig abgestutzt, f. so br. als lg., 50—60 × 45 (50)—50 mm; Z. d. S. 1—2, 5 × 4—8 mm gr.
Frankreich.

f. **latiovalis** Top. B. br. ell., 60—70—80—90 × 38—40—47—50 mm; Z. d. S. verhältnismäßig niedrig, 1—1,8 × 4—10 mm gr.
Frankreich.

f. **Medaquensis** Top. B. br. eif. (50 × 35 mm) o. br. ell. (50 × 30 mm), erstere mit br., herzf., letztere mit in den Stiel verschm. Bas.; Z. d. S. rglm., 1—1,5 × 5—8 mm gr. K. wenig beh.
Frankreich.

2. Pfl. ziemlich dicht beh.

B. vom Zuschnitte u. von der Stielung der var. *α*, beidsts. gleichmäßig beh., die kleineren B. dicht beh., untsts. mit hervortretenden Nerv. 1. u. 2. Ordnung, 40—50—60 × 20—30—40 mm; Z. d. S. gedrängt, rglm., inn. f. ger., auß. konv., meist auch gezähnt, mit aufrechten, 1—1,5 × 3—5 mm gr. Enden. Köpfchen kl. Ped. dicht weißzottig beh.: *β* var. **erromena** Top.

Dalmatien, Südtirol, Frankreich.

f. **solida** Top. B. derb, uneben, blütentragende Äste sehr kurz.

Südtirol, Frankreich.

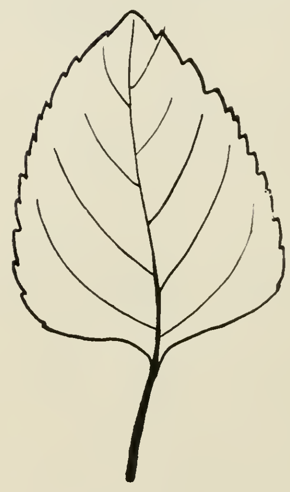


Fig. 29.

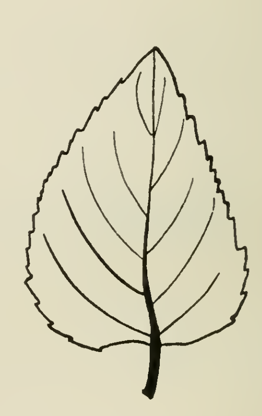


Fig. 30.

Fig. 29. *M. aquatica* L. *β* var. *erromena* Top.
Fig. 30. *M. aquatica* L. *γ* var. *cheitessa* Top.

B. kl. bis mgr., sp. o. mit vorgezogenem Scheitel; Z. d. S. sehr gedrängt, sp., sch., bis 1 mm h., 2—3 mm entf., zwischen 2 normalen Z. oft ein kl. Z., auß. konv. o. well.: *γ* var. **cheitessa** Top.

Südtirol, Frankreich.

f. **subsessilifolia** (Mlvd.) Top. B. zieml. kurz gest., kl., sehr dicht beh., Stg. mit 15 mm lg. m. Int.

II. Z. d. S. niederliegend u. höchstens 1 mm h.

1. Z. d. S. dünner stehend, 3—8 mm entf.

B. mgr., stpfl., Bas. zuger. o. herzf., ± borstig beh., 60 × 40 bis 45 mm; Z. d. S. ± kerbig, 0,3—1 × 3—8 mm: var. **hypeuria** Bq.

B. mgr., sp. u. sch., Bas. br. u. abger., beidsts. anliegend, nicht dicht beh., 20—30—40—50 ×

15—23—30—35 mm; Z. d. S. ungleich u. niedrig, 0,2—0,8 × 4—6 mm gr. Ped. dicht weiß beh., K. feinfl., Kz. pfr., dicht bew.: δ var. **pyrifolia** H. Br.
Bosnien, Frankreich (kult.).

f. **silesiaca** Top. B. sehr kl., spitzl., Bas. abgestutzt, so br. als lg., 15—20 × 15—20 mm.
Schlesien.

2. Z. d. S. genähert, 1—3 mm entf.

B. kl. bis mgr., stpf. o. spitzl., Bas. f. herzf., beidsts. grün, 30—40 × 25—30 mm; Z. d. S. sehr zahlr. u. genähert, inn. ger., auß. ger. o. gew., mit sp., vorwts. gerichteten, 0,2—1 × 1—3 mm gr. Enden. Schw. wenig beh.: ε var **lupulina** Bq.
(*M. denticulata* Strail, *M. hirsuta* Hds. sec. H. Br. p. pte.)
Niederöst., Frankreich.

B. kl., kurz sp. o. f. stpfl., Bas. abger., wenig beh., bis 15 mm lg. gest., 15—20—25 × 10—12—18 mm; Z. d. S. sehr zahlr., meistens kerbig, auß. konv., seltener f. ger., mit stpfl. o. spitzl., 0,2—0,8 × 2—3 mm gr. Enden. Ped. u. K. feinfl. beh. Stg. beh.: ζ var. **crenatodentata** (Strail) H. Br.
Oberöst., Niederöst., Frankreich.

III. Z. d. S. geschlitzt. B. kraus: η var. **crispa** (L.) H. Br.
Kultiviert.

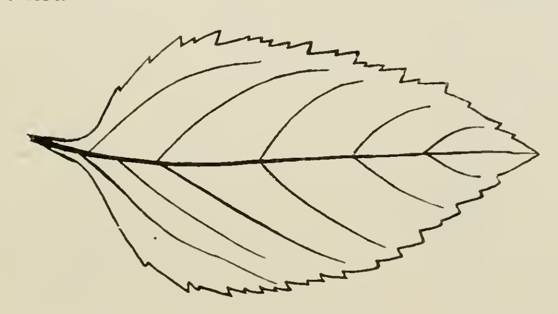


Fig. 31.

M. aquatica L. ϑ var. *duriuscula* Top.

B. B. eif. o. eif.-lztt., zur Bas. sehr konv. (unterste B. auch oval) (*Ovatae*).

I. Z. d. S. ± hervortretend, die der größ. B. bis 2 mm h., sp., sch., meistens mit recht- o. stpf.-winkligen Buchten.

B. eif., sp. o. etwas zugesp., mit mäßig konv. R., Bas. ± br. zuger., beidsts. etwas o. zerstreut beh., ansehnlich gest., 40—50—60—70—80 × 20 (25)—25 (30) bis 33 (35)—35—40 mm; Z. d. S. ± zahlr., ± gedrängt, inn. ger., auß. ger. o. schw. gew. o. gezähnt, mit sp., sch., oft auch etwas zugeschweiften, 0,5—2 × 2—5 mm gr. Enden. Stg. ± dicht geborstet bis

verkahlend, Ped. dicht geborstet. Pfl. zieml. kräftig; Stg. sehr verästelt: ϑ var. **duriuscula** Top.

(*M. acuta* Op. p. pte., *M. opaca* Top. olim, *M. pedunculata* Pers. p. pte.) Ungarn, Niederöst., Oberöst., Salzburg, Bayern, Frankreich.

f. **Schlinseana** Top. B. mgr. bis gr., mit ± stark konv. R., beidsts. grün u. zerstreut beh., untere B. oval, bis 20 mm lg. gest., 50—60—70 (80) × 25—35 bis 40 (48) mm; Z. d. S. grob, dünner stehend, auß. gew. o. gezähnt, 0,8—2 × 5—8 mm gr. Ped. zieml. dicht beh., K. fein u. kurz geborstet. Pfl. bis 9 dm h. werdend, dicht belaubt, Stg. sehr kräftig, ringsum geborstet:

Vorarlberg, Oberöst, Steiermark (v. *paradoxa* Bq.).

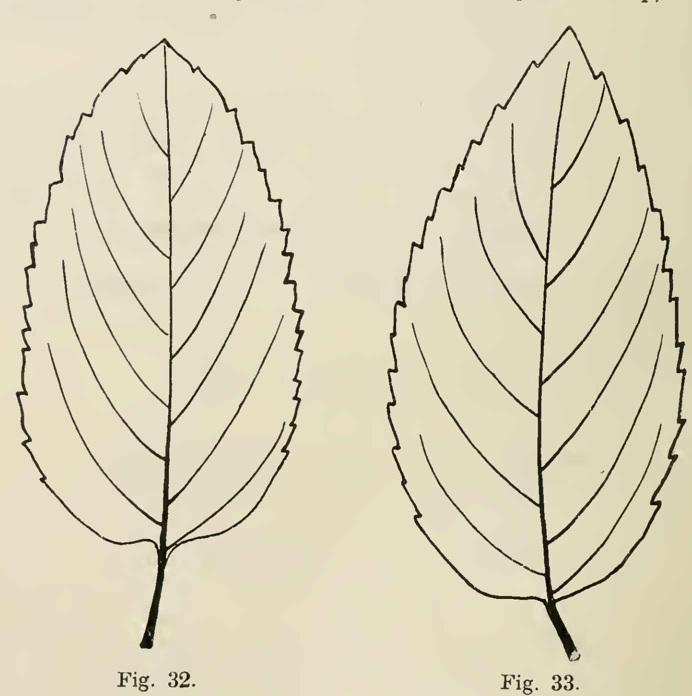


Fig. 32. Fig. 33.

Fig. 32. *M. aquatica* L. var. *duriuscula* Top. f. *Schlinseana* Top.
Fig. 33. *M. aquatica* L. var. *duriuscula* Top. f. *riparia* (Schr.) Top.

f. **riparia** (Schreber) Top. B. verlängert eif. o. eilgl., sp., mit mäßig konv. R., mit kurz verschm. o. abgerund. Bas., 40—50—60 (70) bis 80 × 20 (25)—25 (30) 33 (35)—38 (40) mm; Z. d. S. ± sch. hervortretend, minder zahlr. u. gedrängt, auß. f. ger. o. schwach well. K. wenig geborstet. Pfl. bis 1 m h., verkahlend.

(*M. umbrosa* Op. p. pte.) Niederöst., Oberöst., Vorarlberg, Preußen, Frankreich.

f. **luxurians** Top. B. sehr gr., bis 120×55 mm, auch das Köpfchen oft üppig entwickelt; untere B. lgl. ell.; Z. d. S. mgr., auß. well. o. ger. (*M. umbrosa* Op. p. pte.).
Oberöst., Vorarlberg.

f. **Stoderiana** Top. B. verlängert eif., mit mäßig konv. R., 40 (50)—60 (70)—90 × 18—25—30 mm; Z. d. S. kl. o. mgr., alle sehr hervortretend, zahlr., geradseitig; Pfl. verkahlend.
Oberöst. (Stoderalmen.)

B. kurz eif., sp., mit sehr konv. R., mäßig beh., Bas. abger.; Z. d. S. sehr zahlr., auß. f. ger., gew. o. gezähnt, mit stpfl. o. sp., 1,3—1,8 × 3—4 (6) mm gr. Enden. Köpfchen beh.:
ι var. **inciso-serrata** (Strail) Bq.
(Der Name ist nicht gut passend.)
Oberöst., Niederöst., Südtirol, Frankreich.

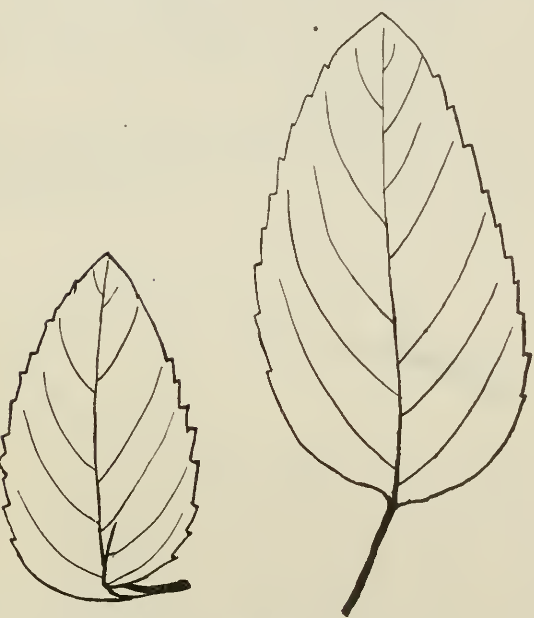


Fig. 34.
M. aquatica L. *K* var. *polyanthetica* Top.

f. **trichophylla** Top. Pfl. ± dicht graulich beh. B. wie die Var., doch meist kl.; Z. d. S. sehr zahlr., sehr gedrängt, kl., sp., sch., 0,3—0,8×2—3 mm. Köpfchen zottig beh.
(*M. hirsuta* Auct.) Südtirol, Frankreich.

II. Z. d. S. niedrig, die der gr. B. nur bis 1 mm h. werdend.
1. B. mit sp. bis zugesp., aber nicht lg. zugesp. Scheitel.
A. B. mgr. bis gr.
B. eif., aus sehr konv. Bas. meist zum Scheitel geradlinig vorgezogen, in den B.stiel

kurz zugezogen, obsts. zerstreut beh., untsts. nur an den Nerven geborstet, mit bis 20 mm lg. B.stielen, 40—50—60—80 × 23 (26)—30 (35)—35—45 mm; Z. d. S. zieml. rglm., wenig zahlr. bis dünner stehend, mit inn. ger., auß. ger. o. schwach konv., selten gew. o. gezähnelten, vorwts. gerichteten, ± niedrigen, 0,5—0,8 (1) mm h., 3—5 (6) mm entf. Enden. Ped. dichter-, K. weniger dicht u. kurz geborstet. Pfl. gewöhnlich 5—6 dm h., reich belaubt: ϰ var. **polyanthetica** Top.

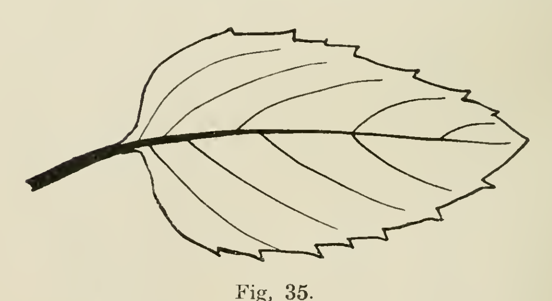
(*M. acuta* Op. p. pte., M. aqu. var. *Weiheana* [Op.] sec. Bq. im Herbar des Hofmuseums in Wien.) Oberöst., Niederöst., Frankreich.

f. **Illensis** Top. B. sp. o. zugezogen, Bas. breit abgerundet o. herzf.; Z. d. S. sehr zahlr., gedrängt, 0,5—0,8×2—3 (4) mm gr., protandrisch u. protogynisch.

Vorarlberg.

Hierher auch:

B. untsts. weißfilz., Zuschnitt wie var. ϰ; Köpfchen kl., der oberste Teil des Stg., die Äste, B.stiele, Cymen- u. Blütenstiele dicht weißfilz. Aus den Pyrenäen: var. **leptocephala** (Pau) Top.



Fig, 35.

M. aquatica L. λ var. *Agenensis* Top.

B. eif., obere B. u. die Astblätt. breiteif., Zuschnitt wie vorige; Bas. auch zugestutzt; Z. d. S. dünn stehend, etwas zugesp., einzelne zurückgebogen, inn. ger., auß. gew. o. gezähnt, 1—1,5 × 5—6 (8) mm gr. Behaarung der B. zieml. dicht, des Stg. u. der Köpfchen sehr dicht; die österr. Pfl. sind weniger dicht beh.: λ var. **Agenensis** Top.

Frankreich, Vorarlberg.

B. eif., kurz zugesp., zur breiten Bas. abger. o. kurz einseitig zum B.stiel zugezogen, beidsts. ± beh. u. uneben, 30—40—50 × 15—23—28 mm; Z. d. S. rglm., zahlr., gedrängt, inn. ger. o. konk., auß. konv., mit sch., 0,5—1 mm h.,

3—4 mm entf. Enden. Ped. u. K. ± dicht beh. Stg. rauhh.: μ var. **Lloydii** Bor.
Deutschland.

B. B. klein. (— mittelgr.).

B. schwach beh., Zuschnitt wie vor. Var., mit 15—20 mm lg. B.stielen, 20—30 × 15—25 mm; Z d. S. zahlr., gedrängt, rglm., mit sp. sch., auß. konv., 0,1—0,8 × 2—3 mm gr. Enden. Pfl. minder kräftig, einf. o. äst., bis 4 dm h., selten Schw. in den B.achseln: ν var. **stagnalis** Top.
Oberöst, Niederöst., Salzburg, Tirol, Frankreich.

f. **limosa** (Schur.) H. Br. B. eif. o. etwas verlängert eif., etwas zugez. 30—40 × 16 bis 23 mm; Z. d. S. niedrig.
Ungarn.

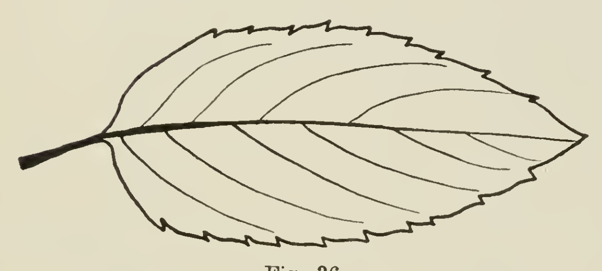


Fig. 36.

M. aquatica L. ξ var. *limnetes* Top.

2. B. lang zugespitzt.

B. mgr. bis gr., eif., mit sehr konv., br., in den B.stiel. kurz einseitig zusammengezogener Bas., wenig beh. bis verkahlend, 50—60—80×25—30 bis 35 mm; Z. d. S. ziemlich voneinander gestellt, unrglm., mit inn. f. ger., auß. well. o. gezähnten, niederliegenden o. einzelnen aufgerichteten, 0,5—1,3×3—5 (7) mm entf. Enden. Köpfchen protandrisch u. protogynisch, kl. Pfl. sehr ästig, die blütentragenden Äste sehr lg.: ξ var. **limnetes** Top.
Oberöst., Bayern, Brandenburg.

C. B. eif.-ell., lgl.-lztt., ell. o. lgl., mit schwach konv. R. u. verschmälerter Basis (Ovales).

I. Z. d. S. aufrecht, bis 2 mm hoch.

1. Z. d. S. mit keiner o. winziger Weichsp.

A. Pfl. nicht besonders beh.

B. mgr. bis gr. eif.-ell., sp. mit Weichsp., an der Bas. beidsts. zum B.stiel verschm., mit mäß. konv. R., 35—50—65—100 × 20—26—30—50 mm; Z. d. S. ± grob, ungleich, ziemlich von-

einandergestellt, inn. ger., auß. gew., mit weichsp., lg. zugesp., 1—1,5—2,5 mm h., 2—6—10 mm entf. Enden. Köpfchen mäßig beh.: *o* var. **Rauscheri** Top.

Oberöst., Salzburg, Mähren. Briquet beschreibt 1891, p. 80 als Repräsentantin dieser M. aquatica-Gruppe eine var. *Weiheana* Op. und zitiert dazu H. Braun S. 424. Nun aber hat *M. Weiheana* nach Opiz, Naturalientausch 1824 S. 70 breiteif., fast kahle Blätter, hingegen nach H. Braun breitovale, dicht behaarte Blätter. Hierbei muß auch bemerkt werden, daß H. Braun in seinem Werke die Ausdrücke „oval“ mit ovat“ identifiziert.

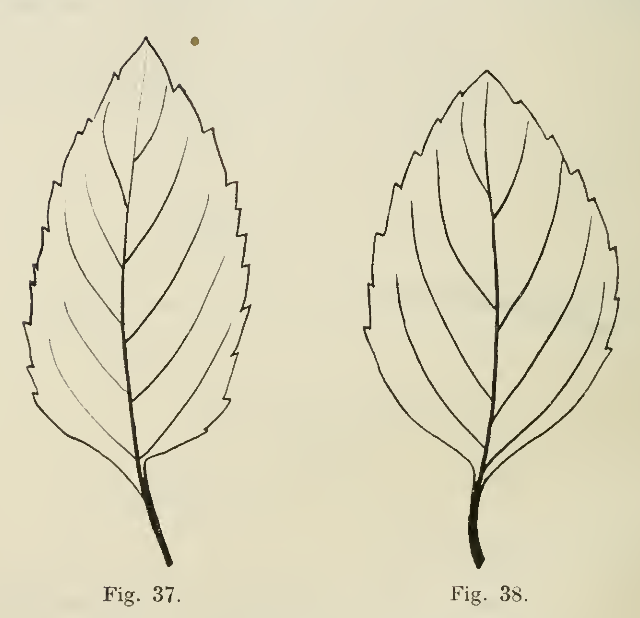


Fig. 37. Fig. 38.

Fig. 37. *M. aquatica* L. *o* var. *Rauscheri* Top.
Fig. 38. *M. aquatica* L. *σ* var. *plerotricha* Top.

B. eif.-ell., mgr. bis gr., dünn, beidsts. verschm., mit schwach konv. R., 70—90 × 30—40 mm, lg. gestielt; Z. d. S. sehr ungleich gr., dünn stehend, inn. ger., auß. well. o. schwach konv., mit 0,5—2 × 3—7 mm gr. Enden (*M. umbrosa* Op., ein unpassender Name): *π* var. **psilophylla** Top.

Pommern, Frankreich.

B. Pfl. ± dicht beh.

Ganze Pfl. grau beborstet; die breiten B. mit gr. Z., die schmalen B. mit niederen, kl. Z. Köpfchen sehr kl., Ped. u. K. dicht zottig, Kz. pfr.: *ρ* var. **pannonica** Borb.

Ungarn.

Pfl. beh. B. eif.-ell., Astblätt. ell., sp. o. stpfl., mit schwach konv. R., Bas. kurz verschm. u. zum B.stiel zugez., beidsts. dicht lg.-haarig, 40—50—60 × 25—28—33 mm; Z. d. S. rglm., grob, stpfl., inn. ger., auß. konv., seltener gezähnelt, 1—1,5 × 4—6 mm gr. Br. u. Ped. filz. borstig. K. dicht weiß-kurzborstig, Kz. lztt.-pfr. Stg. dicht abstehend beh., blütentragende Äste kurz: σ var. **plerotricha** Top.

Oberöst., Südtirol.

2. Z. d. S. mit ansehnlicher, 0,2—0,3 mm lg. Weichsp.

B. ell., kurz sp. o. f. sp., an der Bas. kurz zusammengezogen, 40—45 × 27—30 mm beidsts. ± borstig, oft rötlich; Z. d. S. ziemlich gedrängt, nicht sehr hervortretend, inn. ger. o. wenig konk., auß. sehr well. o. höckerig gezähnelt, mit sch., vorwts. gerichteten, zieml. deutl. weichsp., 1—1,3 × 2—4 mm gr. Enden: var. **limnobia** Bq.

B. schmal lgl.-lztt., sp., mit wenig konv. R., mit kurz keilförmig ausgezogener Bas., beidsts. grün o. etwas purpurn, verkahlend, 35—45 × 18—20 mm; Z. d. S. zahlr., inn. ger., auß. well. o. ger., mit sp., zirka 1 mm h., 2—3 mm entf. Enden. Ped. u. K. oft verkahlend: var. **stenomacra** Bq. (1896).

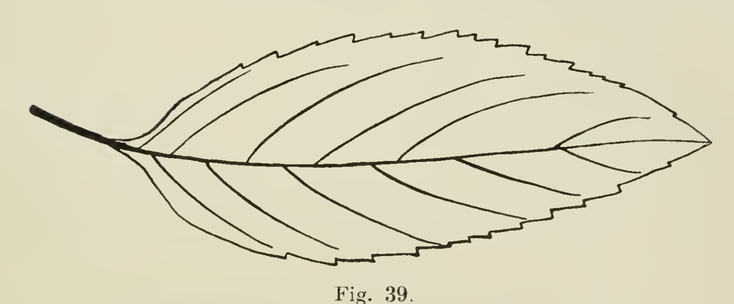


Fig. 39.

M. aquatica L. τ var. *Ortmanniana* (Op.) Top.

II. Z. d. S. wenig hervortretend, unter 1 mm h.

B. eif.-ell. o. ell. o. eilgl., sp., mit wenig konv. R., zur Bas. verschm., beidsts. grün, wenig beh., 40—50 × 18—20 (25) mm; Z. d. S. kl., angedrückt, dünner stehend, auß. lg. konv. o. ger., mit spitzl. o. stpfl., 0,1—0,7 × 5 mm gr. Enden. Pfl. auch im stat. sbr.-spicastr. u. pseudost.: τ var. **Ortmanniana** (Op.) Bq.

Oberöst., Niederöst., Salzburg.

f. **uberrima** Top. B. mgr., hellgrün, lgl.-ell., mit verschm. o. abger. Bas., 50—60—80 × 25—35 bis 38 mm; Z. d. S. genähert, auß. f. ger., sp., 0,4—1 × 3—5 mm gr. Von der ihr sehr ähnlichen f. *riparia* (Schreb.) unter anderem durch die ovalen Astblätt. zu unterscheiden. Oberöst. (Strudengau u. Stoder).

B. mgr., eilgl. o. lgl.-lztt., zugesp., mit mäßig konv. R., Bas. kurz, verschm. o. zuger., obsts. dicht beh., untsts. beh., 40—50—60 × 18 (20) bis 22 (24)—30 mm; B.stiele bis 20 mm lg.; Z. d. S. zieml. zahlr., sp., sch., inn. ger., auß. well. o. schwach konv., bis 1 mm h., 3—5 mm entf. Pfl. ± dicht beh., besonders die Ped.:

v var. **elongata** (Pér.) Top.

Ungarn, Frankreich. (Hierher var. *limnobia* Bq. im Herbar des Wiener Hofmuseums = *M. pyramidalis* Wrtg. herb. M. rh.)

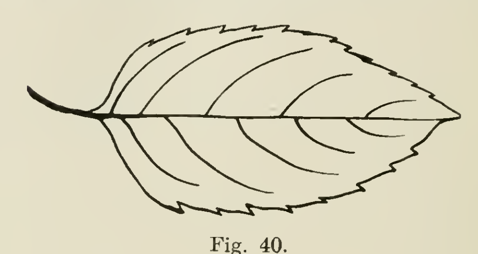


Fig. 40.

M. aquatica L. *v* var. *elongata* (Pér.) Top.

B. ell. o. leicht eif.-ell., sp., mit mäß. konv. R., zur Bas. kurz zugez., beidsts. grün, k. o. ein wenig beh., 40—60 × 20—30 mm; Z. d. S. kl., gedrängt, zieml. zahlr., auß. ger., konv. o. gezähnelt, mit sch., vorwts. gerichteten, 0,5—1 × 2—5 mm gr. Enden:

φ var. **Lobeliana** (Beck.) H. Br.

(*M. affinis* Bor., M. aqu. var. *pseudopiperita* Tausch., *M. purpurascens* et *purpurea* Host.) Oberöst., Frankreich.

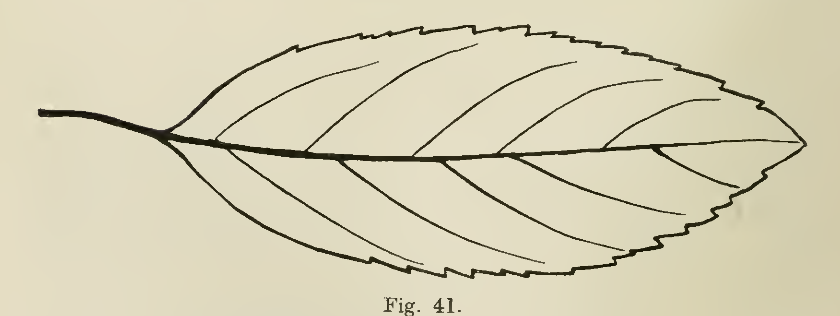


Fig. 41.

M. aquatica L. *χ* var. *verticicola* Top.

B. lgl., gr., dünn, sp., mit schwach konv., oft sogar in der Mitte parallelen R., Bas. lg. verschm., mit bis 18 mm lg., fl. beh. B.stielen, obsts. wenig beh., untsts. nur an den Nerv. borstig beh., 60—70—85 × 25—28—33 mm; Z. d. S. zieml. rglm., niedrig, dünner stehend, inn. ger., auß. f. ger., die

langen Z. alle gezähnelt, 0,5—0,8 (—1) × 4—7 mm. Ped. dicht kurzborstig, Kz. kurzborstig bew. Köpfchen protogynisch, kl., lila. Pfl. nicht kräftig, bis 6 dm h. Stg. an den Kanten dicht befl.:

χ var. **verticicola** Top.

Oberöst. (Donauwirbel).

5. M. arvensis L.

= *Mentha* VII. **Campanocalyces.** 2. *Austriacae* u. 3. *Arvenses* sec. H. Braun S. 360.

B. immer gestielt, in vielen Formen; Nerv. einf.; Serratur bestehend aus 3 eckigen Zähnen o. Kerben. Schw. nur achselständig; die terminale Achse endigt mit einem Blattbüschel. K. glockig u. glatt, bei protogynischen Pfl. wegen zufälliger Reduktion des unfruchtbaren Ovariums auch wohl trichterig-gl. u. nach dem Eintrocknen gefurcht; mit 10 Fibrovasalsträngen, von denen die 5 primären allein hervorragen. Kz. 3 eckig, kurz sp. (von der Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes), sehr selten lgl. sp., durch ± stpfl. Buchten geschieden. C. mit einem Nectarostegium, meist lilafarben. System der Stolonen reduziert. Haare konisch, einf.

Anmerk. H. Braun teilt seine Campanocalyces also ein:

B. mit verschmälerter Bas. 1. K. schmal-lgl. o. kurz r.-gl., Kz. sehr sp., oft pfr., Nüßchen feinwarzig: Origanifoliae.
2. K. kurzgl., Kz. sp., nicht f. pfr., Nüßchen glatt: Austriacae (*M. parietariaefolia* Beck. u. *M. austriaca* Jcq.).

B. mit ± breit zuger. Bas. 1. B. wenig beh. o. f. k.: *M. palustris* Mnch.
2. B. beidsts. meist dicht anlieg. beh.: *M. arvensis* L.

Die Origanifoliae sec. H. Br. sind nach der unten (S. 227) ausgesprochenen Ansicht Formen der *M. verticillata* L. Die übrigen vier Spezies wären dann nur durch die ziemlich inkonstanten Merkmale: Zuschnitt des B.grundes u. ± dichte Behaarung der B. voneinander unterschieden. Die Vereinigung aller vier Arten zu einer einzigen ist daher sehr naheliegend. Hierzu kommt noch der Umstand, daß es mancherlei Übergänge zwischen den einzelnen H. Br.'schen Spezies gibt, so daß schon die Einordnung solcher Pfl. in eine der vier Arten schwierig o. ganz unmöglich wird. H. Br. weiß in seinem Werke selbst davon zu berichten:

S. 459 *M. palustris* M. var. *silvicola*-B.grund abger. o. br. zugeschweift.
S. 460 var. *nummularia*-B.grund öfters f. verschm.
S. 462 var. *Nusleensis*-B.grund zuger. o. zugeschweift.
S. 466 *M. arvensis* var. *submollis*-B.grund zuger. o. zugeschweift.
S. 469 var. *deflexa*-B. elliptisch (daher nicht mit zuger. Bas.).

Man vergleiche ferner die Abbildungen von Sagorski und Oßwald, deren Arbeit über thüringische Menthen größtenteils dem H. Braunschen Werke entnommen ist und deren Menthen von H. Braun revidiert und bestimmt worden sind. Tafel VII/6, 8, 12, 13, 15, 16, besonders die vollständige Übereinstimmung der Blattbasis bei den Fig. 16 u. 21, wovon erstere zur *M. arvensis* sec H. Br., letztere zur *M. austriaca* sec. H. Br. gehört. Diese Autoren gehen übrigens noch weiter als H. Br., indem sie die *M. palustris* Mnch. als eine Hybride der Formel *arvensis* × *aquatica* erklären, also derselben Formel wie ihre *M. paludosa* Sole sec. H. Br.

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. Alle B.stiele so lang oder länger als ihre Schw. (*S u p e r a n t e s*).
I. B. an der Bas. lang verschm., verlängert ell.
1. Z. d. S. aufrecht, 1 mm h. u. darüber werdend.
B. mgr., lgl. ell. beidendig gleichmäßig allmählich verschm., mit stpfl. Scheitel, mit mäß. konv. R., obsts. dichter, untsts. zerstreut beh., 50—60—70 bis 80 × 22—25—28—28 mm; Z. d. S. rglm., sp., selten stpfl., sch., ± z a h l r. u. g e d r ä n g t , inn. ger., auß. f. ger. o. schwach well., die größten Z. gezähnelt, 1—1,5 mm h., 3—6 mm entf. Schw. zahlr. Br. k., bew.; Ped. k., K. wenig beh., Kz. sp., kurz bew. Stg. kräftig, bis 5 dm h. Kanten befl.: *α* var. **Palitzensis** Top.
Böhmen, Frankreich.

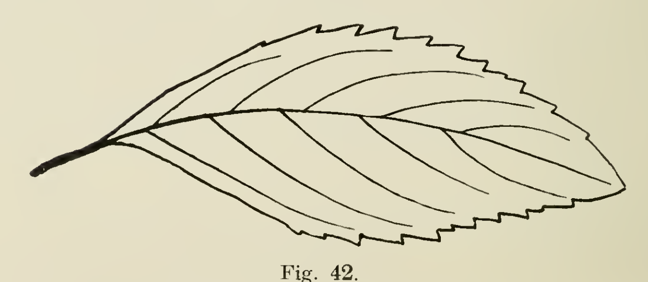


Fig. 42.

M. arvensis L. *α* var. *Palitzensis* Top.

f. **D u r o l l e a n a** Top. B. kl. bis mgr., im Mittel 30—45 × 15—22 mm; Z. d. S. z a h l r. gedrängt, mit sch., sp. o. etwas zugesp., b e i d s t s. g e r., 1,5—1 × 2—3 mm gr. Enden. Br. beh., untere länger als ihre Schw. Ped. k. o. etwas beh. K. dicht beh.
Oberöst., Steiermark, Frankreich.

2. Z. d. S. niederliegend u. niedrig.
B. mgr. bis gr., dünn, lgl.-ell. o. lgl., mit ± mäß. konv. R., beidendig gleichmäßig verschm., sehr zerstreut beh. o. wie die ganze Pfl. verkahlend, 40—50—60—70—80 × 13—16—23 (25)—25 (30) bis 30 mm; Z. d. S. rglm. e t w a s d ü n n s t e h e n d , inn. ger., auß. ger. o. f. ger., 0,2—0,8 × 4—8 mm gr. Schw. ger., Br. lgl., k.; Ped. lg., k.; K. ± zerstreut beh., Kz. sp. o. stpfl. C. lila. Stg. bis 8 dm h., verästelt: *β* var. **cuneifolia** L. et C.
Hierher gehören: **M. t e n u i f o l i a** (Host) Top. (Pfl. schwach beh. B. oft sehr niedrig u. stpfl. gesägt Ped. f. k.) *M. badensis* Gmel. p. pte. *M. silvatica* Hst. (nach auth. Exsikk.). *M. parietariaefolia* Beck. in Wirtg. h. rh., *M. acutifolia* (Sm.) Wrtg. h. n. Niederöst., Oberöst., Steiermark, Ungarn, Böhmen, Schweiz, Frankreich, Schweden.

f. **Plagensis** Top. B. kl. bis mgr., beidsts. gleichmäßig lg. verschmälert, mit wenig konv. Bas., zerstreut beh.; Z. d. S. sehr wenige (drei an jeder Seite der Blattfläche). K. zieml. beh.
Oberöst.

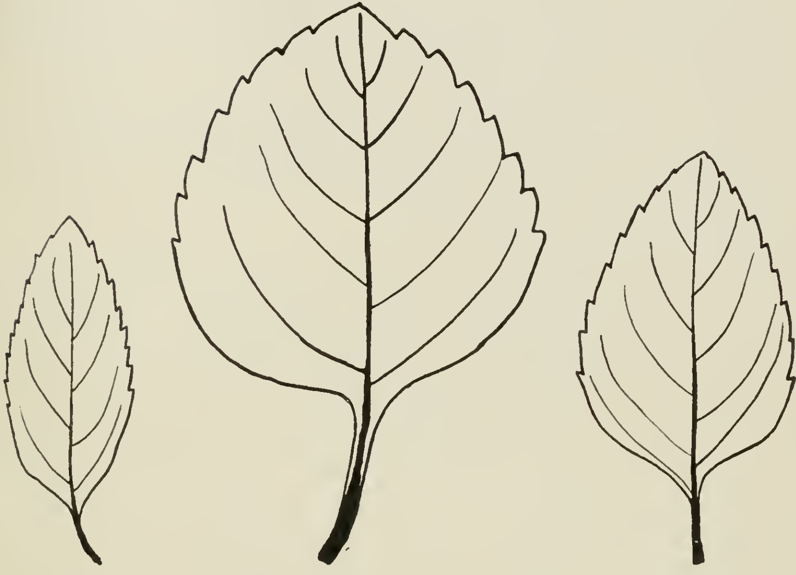


Fig 43. Fig 44. Fig 45.

Fig. 43. *M. arvensis* L. β var. *cuneifolia* (L. et C.) f. *lanceolata* Beck.
Fig. 44. *M. arvensis* L. γ var. *nobilis* Top.
Fig. 45. *M. arvensis* L. δ var. *silvicola* (H. Br.) Top.

f. **lanceolata** Beck. B. kl. bis mgr., lztt. bis lgl., lgl.-ell. o. eif.-ell., nach vorne lg. verschm., schwach konv. R., Bas. lg. o. kürzer verschm, obsts ± dicht, untsts. zerstreut beh., B.stiele der oberen B. mitunter die Schw. nicht überragend, 25—30—35—40—45—50 × 10—12—14—15—18—20 mm; Z. d. S. zieml. gedrängt, niedrig, 2—4 mm. Br. lztt., beh. u. bew. Ped. wenig beborstet o. k. Pfl. ± dicht o. zerstreut beh.
Niederöst., Oberöst., Salzburg, Steiermark, Preußen, Frankreich.

II. B. an der Bas. kurz verschm. o. zuger., eif. o. ell.

1. Z. d. S. hervortretend.

B. mgr. o. gr., br.-eif. o. br.-eif.-ell., Scheitel im Umrisse abger. mit sch. Sp., Bas. zuger. o. rund, in den B.stiel kurz zugezogen, 25—30 bis 40—50 × 20—25—35—45 mm, B.stiele viel länger als die kl. Schw., obsts. minder dicht,

untsts. zerstreut lg.-borstig; Z. d. S. grob, rglm., an den großblättrigen Pfl. dicht gedrängt, mit inn. ger., auß. konv., 1,2—2 × 5 mm gr. Enden; an den kleinblättrigen Pfl. 1 × 2—3 mm gr.) Schw. kl., wenigblütig; Br. br., zerstreut beh. bis k., lg. bew.; Ped. k., K. lg. weißborstig. Stg. besonders an den Kanten dicht befl., dicht belaubt: γ var. **nobilis** Top.

Frankreich.

f. **pseudoagrestis** Top. B. kl. bis mgr., br.-eif. o. br.-ell., sp., Bas. kurz verschm.; Z. d. S. sp. u. sch., gedrängt, bis 1 mm h., 2—4 mm entf.

Frankreich.

2. Z. d. S. niederliegend.

B. mgr. ell. o. eif.-ell., vorne spitzl. o. stpfl., mit ± zieml. konv. R., Bas. kurz verschm. o. abger., beidsts. zerstreut beh., bewimpert, B.stiele etwas länger als ihre Schw., 30—40—50 bis 60 × 12 (15)—20 (22)—24 (28)—33 mm; Z. d. S. niedrig, dünner stehend, mit sp., inn. f. ger., auß. schwach konv. o. f. ger., bis 0,8 (1) mm h., 3—6 mm entf. Enden. Br. oft sehr gr., lgl.-lztt., bew.; Ped. k., K. ± dichtfl., Kz. br.-3eck., kurz sp. Stg. dünn, besonders an den Kanten befl.: δ var. **silvicola** (H. Br. ampl.) Top.

(*M. praticola* Op. exs.)

Die Formen mit ± lg. gestielten B. sind von der var. *foliicoma* (Op.) fast nicht zu unterscheiden.

M. silvicola Host hat nach Host Fl. austr. p. 149 etwas beborstete Ped. Hierher auch M. arv. var. *Arrhenii* Lindb. fil. exsicc. Ungarn, Oberöst., Böhmen, Vorarlberg, Preußen, Frankreich.

f. **hymenophylla** Top. B. lgl.-ell., dünn, zum B.stiel länger verschm., beidsts. verkahlend, 50—60 × 27—30 mm. K. wenig beh., Br. u. Kz. kurz bew.

Frankreich.

f. **nummularia** (Schreb.) Top. B. br.-ell. o. br.-eif., spitzl. o. stpfl., mit sehr konv. R., Bas. kurz zuger. o. br. abgestutzt, 30—40—50—60 × 20—30—38—40 (37) mm; Z. d. S. oft well., spitzl. o. stpfl.

Niederöst., Oberöst., Böhmen, Frankreich.

B. B. verlängert-eif.-ell., eif.-lztt., lgl., lgl.-lztt. o. lztt., mit schwach o. mäß. konv. R. und ± lang verschmäl. Bas. (Verhältnis der Breite zur Länge wie 1:2 und darüber (*Elongatae*).

I. B. von ovalem (länglichem) Zuschnitte.

1. Brakteen auffallend gr., alle länger als ihre Schw.

B. mgr. bis gr., zerstreut beh., ell.-lgl. o. eif.-lztt., mit ± konv. R., Bas. verschm., 40—50—65 × 18—25 (28)—35 mm; untere B.stiele bisweilen länger als ihre Schw.; Z. d. S. rglm., dünner

stehend, inn. f. ger. o. konk., auß. konv., 1—1,5 mm h., 5—8 mm entf., mit vor- o. einwts. geneigter Weichsp. Br. br.-lgl.-lztt., zieml. beh. o. verkahlend, bew.; Ped. k., K. weiß beh., Kz. sp. Stg. aufr., zieml. kräftig, bis 7 dm h.:

ε var. **praeclara** Top.

Böhmen. Aus Steiermark (Seckau) bringt die Fl. exsicc. austro-hung. numm. 1761 als *M. diversifolia* Dum. zweierlei, leicht zu trennende Formen: a) B. obsts. zerstreut beh., untsts. an den Nerv. beh., schwach bew., B.stiele lg., Br. die kl. protandrisch. Schw. weit überragend, k., bew., K. mäßig beborstet: var. *praeclara*; b) B. obsts. dicht beh., untsts. zerstreut beh., lg. u. dicht bew., B. kurz; Br. die gr. protogynisch. Schw. nicht überragend, schmal-lgl.-lztt., beborstet u. bew.; K. dicht beborstet: var. *Duftschmidii*.

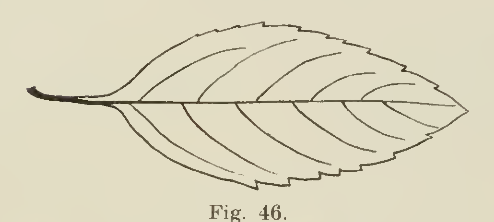


Fig. 46.

M. arvensis L. ζ var. *fontana* (Whe.) Top.

B. mgr., lgl.-lztt. o. lztt., zugesp., mit mäß. konv. R., Bas. kurz zuges., beidsts. beh., untere B.stiele länger als ihre Schw., 40—50 × 18—23 mm im Durchschn.; Z. d. S. dünner stehend, niedrig, mit inn. ger., auß. f. ger. o. schw. well., höchstens 1 mm h., 4—5 mm entf. Enden. Br. beh. u. zottig, Ped. beh., K. dicht beborstet; Kz. kurz u. sp. Pfl. niedrig, bis 3 dm h. werdend; Stg. einf.:

ζ var. **fontana** (Weihe) Top.

Ost- u. Südtirol.

2. Br. gewöhnlich.

B. kl. bis mgr., lgl.-ell., eif.-ell. o. verlängert-eif.-ell., beidendig zieml. gleichmäßig verschmäl., mit sp. Scheitel, mäß. konv. R., obsts. ±, untsts. weniger dicht zerstreut beh., bis 8 mm lg. gest., 30—40—50 (—60—70) × 13 (16)—15 (18)—23 (26) (—28 bis 30) mm; Z. d. S. rglm., niedrig, dünner stehend, sp. o. stpfl., mit inn. ger. o. konk., auß. f. ger. o. schwach konv., durchschn. 1 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Br. f. k., bew., Ped. k., K. zerstreut beborstet, Kz. sp. Stg. schwach, aufr., einf. o. verästelt, an den Kanten zerstreut befl.:

η var. **austriaca** (Jqu.-ampl. Auct. austr.) Top.

Niederöst., Oberöst., Salzburg, Böhmen, Frankreich. (*M. nemorum* Bor. teste H. Br., M. arv. var. *melanochroa* Bq., *M. polymorpha* Host p. pte.)

Im Herbar des k. k. naturhist. Hofmuseums finden sich unter dem Namen *M. austriaca* Jq. neben authentischen Mustern aus der Hand Jaquins und solcher aus dem Wiener bot. Garten Pflanzen von auffallendster Verschiedenheit, alle aber ± begründet auf der Jaquinschen Formel: „caules erectis, fere simplices..folia...breviter petiolata, infima ovata, reliqua lanceolata, acuta, serrulata, nervo medio subtus piloso" etc. Obiger Beschreibung der var. *austriaca* liegen zugrunde: die oben erwähnten auth. Muster, die Abbildung der Pflanze in Jq. Fl. austr. tab. 430, und die Exsikkaten meines Herbars, bestehend aus Mustern mit Bestimmungen H. Braun's u. der Fl. exs. austr.-hung. Nr. 1760.

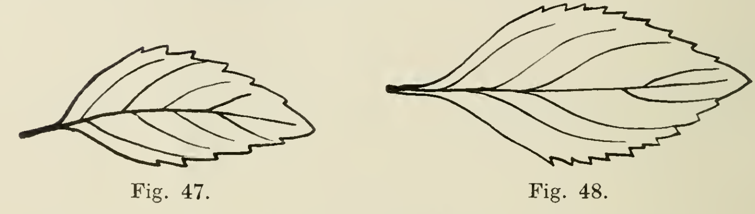


Fig. 47. Fig. 48.

Fig. 47. *M. arvensis* L. η var. *austriaca* Jcq. (auth.) Top.
Fig. 48. *M. arvensis* L. η var. *austriaca* Jcq. f. *gallica* Top.

f. **mutabilis** Top. B. mit mäß. konv. R., Scheitel sp. mit stpf. Sp. dichter zerstreut beborstet, bew., 40—50—60 × 18—23 (25) bis 30 mm; Z. d. S. auß. auch schwach well., Ped. k. o. zerstreut beborstet, K. dicht beborst. Stg. einf. o. ästig o. reich u. ausgebreitet aufgebogen-verästelt (v. *collina* Top. olim.).

Niederöst., Oberöst., Böhmen, Frankreich.

Die var. *collina* Top. mußte trotz ihres auffallenden habituellen Charakters (B. kl., lgl.-ell. o. schmal-ell., schw. konv. R., sp. o. zugesp., m. Int. kurz) aufgelassen werden, da dort, wo sie in größerer Ansammlung vorkommt, alle Übergänge von der niedergestreckten, ästigen u. schmalbl. bis zur einf.-stämmigen, breiter blättrigen Form vorkommen.

f. **gallica** Top. B. mgr. bis kleiner, mittlere lgl.-ell., zugesp., mit mäß. konv. R., zieml. dicht zerstreut beh., 25—30—40—50—60 × 12—14—16 (18)—23—30 mm; Z. d. S. zieml. gedrängt, sp., auß. meist. f. ger., bis 1 mm h., 3—4 mm entf. Br. f. k. o. bew., Ped. k. o. zerstr. kurz, K. ± dicht beborstet. Pfl. aufr., veräst.

Niederöst., Oberöst., Böhmen, Vorarlberg, Steiermark, Frankreich.

f. **sphenophylla** (Borb.) Top. B. ell. o. lgl.-ell. bis lgl., einzelne auch lztt., zugesp., mit ± mäß. konv. R., Bas. keilf. verschm.,

zieml. dicht beh. u. bew.; Z. d. S. gedrängt, sp., 2—4 mm entf.; 30—35—40—50—60 × 12 (15)—14 (18)—16 (18)—20—24 mm gr. Ped. k. o. f. k., K. lg. beborstet.

(*M. divaricata* Host nach auth. Must., eine niedrige, ausgebreitet verästelte Pflanze.) Oberöst., Steiermark.

f. **obtuso-dentata** Top. Z. d. S. stpfl., schwach konv., Kz. kurz-sp., Stg. mit vielen, niederliegenden u. aufsteigenden Ästen.

(*M. foliicoma* Op. sec. Auct. plur.) Tirol.

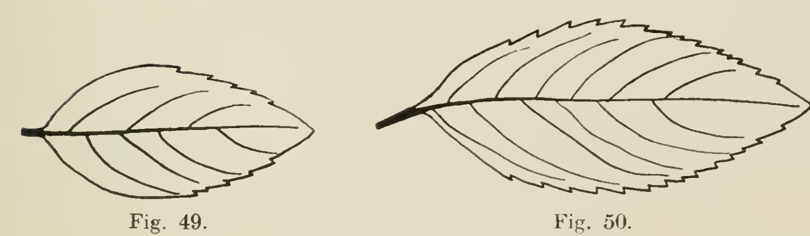


Fig. 49. Fig. 50.

Fig. 49. *M. arvensis* L. ϑ var. *pegaia* Top.
Fig. 50. *M. arvensis* L. ι var. *Sabranskyi* Top.

B. kl. bis mgr., hellgrün, verlängert-eif.-ell., verl.-eif. o. eif.-lztt., etwas zugesp. o. sp., mit mäß. konv. R., Bas. ± kurz o. länger verschm., obsts. ± dicht beh., untsts. zerstreut kurzhaarig, bew., B.stiele kurz, befl., 25—30—35—40—45 × 13—14 (17)—16 (18)—20 (22) mm; Z. d. S. sehr niedrig, inn. ger., auß. f. ger., auch schwach konv. o. etwas well., bis 0,7 mm h., 2—4 mm entf., mit winziger Weichsp. Br. beh., Ped. k., K. dicht weiß-borstig, Kz. kurz sp. o. lg. sp. Die subalpinen Pfl. haben kl. Schw., sp. buchtige u. lg. sp. Kz. u. an allen Teilen dichtere bis zottige Behaarung: ϑ var. **pegaia** Top.

(*M. pulchella* Host exs. *M. multiflora* Hst. p. pte., *M. prostrata* Hst. exs. — niederliegende Pfl. —, *M. umbrosa* Hst. exs., *M. angustifolia* Hst. exs. = *M. Neesiana* Op. sec. H. Br. et Bq. — B. schmal-lgl. —.) Niederöst., Oberöst., Steiermark.

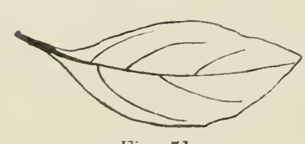
B. kl. bis mgr., verlängert-ell.-eif., Stützblätter der Schw. u. die Astblätt. verläng. lgl.-ell. o. rein-ell., hellgrün, allmählich zugesp., mit schwach konv. R., Bas. ± lg. verschmälert, gest., obsts. mäß. bis zerstreut beh., untsts. zerstreut o. nur an den Nerv. beh., 30—35—40—45—50 (55) × 13—17—20—23—25 mm; Z. d. S. rglm. kl., niederliegend, zahlr., gedrängt, inn. u. auß. f. ger., 0,5—0,8 × 2—3 mm gr. Schw. viele, mit zahlr., gedrängten

Blüten; Br. lin., zottig bew.; Ped. meist k., selten beh.; K. gl. o. trichterig-gl. u. ziemlich dicht-kurz-weißborstig. Kz. sp. o. zugesp. Pfl. bis 6 dm h., im stat. sbr.-conf., sbr.-ax. u. br.-cf., protogynisch. Stg. einf. o. im oberen Drittel mit lg. Ästen, die Kanten befl.: ι var. **Sabranskyi** Top.

Steiermark.

B. kl. seltener mgr., hellgrün, schmal-lgl., beidendig gleichmäßig allmählich verschm., mit schwach konv. R., beidsts. zerstreut lg.-haarig, der B.rand, die lg. B.stiele u. die Hauptnerv. der B.unterseite zottig bew., 25—30—35 × 9—11 (14)—16 mm; Z. d. S. sehr niedrig, seltener u. wenig gedrängt stehend, manche B. f. ganzrandig. Br. ell., f. k., zott. bew.; Ped. k., K. lg. weiß-borstig, Kz. sp., zott. bew.; C. purpurn-lila, zieml. dicht zerstreutbeh. Stg. niedrig, aufr., 2—3 dm h., zerstreut zott. beh. Pfl. im stat. sbr.-ax.: ϰ var. **araiodonta** Top.

Oberöst. (Alpines Hochmoor.)


Fig. 51.

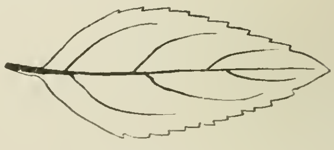

Fig. 52.

Fig. 51. *M. arvensis* L. ϰ var. *araiodonta* Top.
Fig. 52. *M. arvensis* L. λ var. *Hostii* (Bor.) Top.

II. B. vom eiförmigen Zuschnitte.

1. Z. d. S. gedrängt.

B. mgr. bis kl., eif.-lztt. o. eilgl., kurz zugesp., mit ± mäß. konv. R., Bas. meist kurz verschm., gestielt, obsts. zerstreut o. mäß. dicht lg.-haarig, untsts. zerstr. beh. o. verkahlend, 30—35—40 bis 45—50—60 × 15 (18)—18—18 (22)—18 (25) bis 22 (24)—30 mm; Z. d. S. zieml. gedrängt niederliegend, mit inn. ger. o konk., auß. f. ger. o. schwach konv., 0,4—1 × 3—4 mm gr. Enden. Ped. beborstet o. verkahlend o. k., K. lg. weißborstig, Kz. kurz zugesp. Stg. bis 8 dm h., einf. o. verästelt, bes. an den Kanten beh.: λ var. **Hostii** (Bor.) Top.

(*M. multiflora* Hst. f. *villigera* H. Br. in sched., *M. salicetorum*. Borb.) Ungarn, Oberöst., Böhmen, Salzburg, Tirol, Frankreich.

f. **ocymoides** (Host) Top. B. kl.-mgr., eif. o. eif.-lztt.; Z. d. S. ± gedrängt, stpfl., bis

0,8 mm h., 2—3 mm entf. Schw. protogynische kl., protandrische ansehnlich. Pfl. auch im stat br.
Oberöst., Salzburg.

f. **confertidens** Top. B. mgr., schwach zugesp. mit stpf. Scheitel; Z. d. S. sehr zahlr. u. gedrängt, tief, ungleichgr., bis 1,4 mm h., 2—3 mm entf. Br. meist. auffallend gr. Kz. sp. o. etwas zugesp. Stg. aufr., meist einf.

Pfl. zieml. dicht beh. B. eif.-lztt. o. eilgl., B.stiele oft länger als die Schw., beidsts. zieml. dicht beh.; Z. d. S. niederliegend, fein sp. s.:
var. β f. **lanceolata** (Beck.).
Oberöst., Böhmen.

f. **Neesiana** (Op.) Top. B. kl., eif.-lztt, zugesp., beidsts. angedrückt beh., kurz gest., 30—35—40 × 15—18—20 mm; Z. d. S. niedrig, sp., wie die Var. Stg. reich verästelt, beh., niedrig.
Salzburg, Frankreich.

f. **gnaphaliflora** Borb. et H. Br. (Öst. bot. Z. 1889). Ganze Pfl. grauzottig beh. B. kl. bis mgr.; Z. d. S. der unteren B. dünner stehend, der mittleren gedrängt, der oberen dicht gedrängt.
Ungarn.

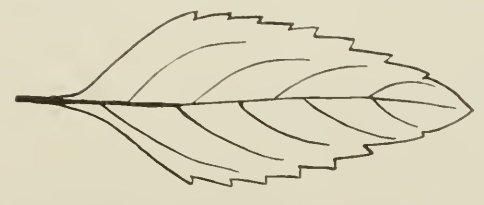


Fig. 53.

M. arvensis L. μ var. *Slichoviensis* (Op.) Top.

2. Z. d. S. dünner stehend.

B. mgr. verlängert-eif., eif.-lztt. o. lgl.-lztt., kurz zugesp., mit mäß. konv. R., Bas. kurz o. länger verschm., beidsts. ± beh., 25—30—40 × 13 bis 15—18 mm; Z. d. S. deutl. sp. u. sch., inn. o. auß. ger. o. f. ger., 0,5—1 (1,3) mm h., 3—5 mm entf. Ped. k. o. zerstreut beh., K. dicht beborstet, Kz. sp. Stg. aufr., oben dichter beh., einf. o. ästig: μ var. **Slichoviensis** (Op.) Top.
(H. Br. u. andere Bot. schreiben irrtümlich „*Slichovensis*". — *M. polymorpha* Hst. exs. auth.) Oberöst., Böhmen, Salzburg, Rheinprovinz.

f. **pastoritia** Top. B. mgr., ell.-eif., seltener verlängert ell.-eif., sp. o. stpfl., mit mäßig o. zieml. konv. R., Bas. kurz o. lgr. verschm.,

obsts. beh., untsts. zerstreut beh., 30—40—50 (55) × 18—24 (20)—24 (27) mm; Z. d. S. rglm., dünn stehend, niederliegend, sp., inn. ger., auß. f. ger., 0,7—1,6 × 5—7 mm gr. Br. gr., lgl., f. k., Ped. k., K. borstig, Stg. an den Kanten beh. Pfl. zieml. niedrig, bis 3 dm h., sehr ästig.

Böhmen.

B. kl., Zuschnitt wie vorige, doch auch ins Ovale gehend, sehr niedrig gesägt, Ped. k., ganze Pfl. wenig beh.: s. ϑ var. **pegaia** Top.

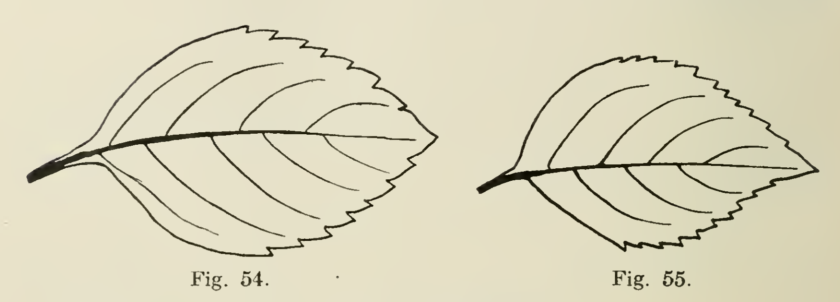


Fig. 54. Fig. 55.

Fig. 54. *M. arvensis* L. ν var. *Duftschmidii* Top.
Fig. 55. *M. arvensis* L. ν var. *Duftschmidii* Top. f. *olynthodos* Top.

C. B. kurz-ell., eif.-ell., mit kurz verschm. B.grunde, mit zieml. konv. R. u. ± sch.-sp. Scheitel (Verhältnis der Breite zur Länge wie 1: 1,5 bis höchstens 2), (Ovales).

I. Z. d. S. hervortretend, sp. o. zugesp., der größeren B. bis 1 mm u. darüber hoch.

B. mgr. bis kl., dünn, hellgrün, kurz ell. o. kurz eif.-ell., Scheitel sp. mit sp. o. stpf. Sp., mit ± stark konv. R., kurz verschm. Bas., obsts. zieml. dicht angedrückt beh., untsts. nur an den Nerv. beh. o. verkahlend, kurz gest., 30—35—40—45—50—60 × 18—20 (23)—23 (25)—25 (28)—30—38 mm; Z. d. S. rglm., zahlr., genähert, mit sp. u. sch., inn. ger., auß. konv. o. f. ger., bis 1,5 mm h., 3—5 mm entf. Enden mit winziger o. kleiner Weichsp. Ped. k. o. f. k., K. ± dicht lg. beborstet, Kz. sp. o. zugesp. Pfl. bis 5 dm h., Stg. mit 25—40 mm lg. m. Int., an den Kanten befl.: ν var. **Duftschmidii** Top.

(M. arv. var. *Allionii* Bq. = *M. arvensis* Tausch im Hofmuseal-Herbar. — Die B. sind aber nicht breiteif., da ihre Bas. zugezogen ist. — *M. Marrubiastrum* F. Sch. in Wrtg. h. M. rh. = M. arv. var. *densifoliata* Bq.) Oberöst., Böhmen, Frankreich.

f. **olynthodos** Top. B. mgr., br.-ell. o. eif.-ell., sp., mit stark konv. R., von der Mitte nach beiden Seiten fast gleichmäßig plötzlich verschmälert, obsts. dicht beh., untsts. zerstreut beh., untere B.stiele bis 1 cm lg. werdend,

40—50—60 × 25—27 (30)—35 (40) mm; Z. d. S. grob, auß. auch schwach well., mit winziger Weichsp. 0,8—1,8 (2) mm h., 3 (4)—5 mm entf. Schw. gr., Ped. k., lg.; K. gl. o. trichterig-gl., glatt o. gefurcht, zottig beh.; Kz. zugesp.; C. schön purpurrot; Stg. ästig, ringsum beh. Pfl. im stat. sbr.

Oberöst., Steiermark.

f. **macrodonta** (Sabransky) Top. Der vor. Form sehr ähnlich. B. mit besonders stark konv. R., zur Bas. plötzlich verschm. u. in den B.stiel kurz-keilförmig herablaufend; Behaarung wie die Var.; 40—50—60 × 20—30 (35)—38 mm; Z. d. S. sehr grob, bis 2,5 mm h., 5—6 mm entf. Ped. k., K. gl., dicht zott. beh., Kz. sp. Br. der abgeblühten Schw. stark entwickelt, lgl.-ell., f. k., bew., C. schön purpurrot Schw. vielblütig.

Steiermark.



Fig. 56. Fig. 57.

Fig. 56. *M. arvensis* L. ν var. *Duftschmidii* Top. f. *macrodonta* (Sabr.) Top.
Fig. 57. *M. arvensis* L. ν var. *Duftschmidii* Top. f. *Arverniensis* Top.

f. **Garonnensis** Top. B. br.-ell., 40—50—60 × 22 (25)—30—35 mm. Z. d. S. dünner stehend, sp. o. zugesp., auch ge.r, schwach konv. o. gew., 1,2—1,5 × 4—6 mm gr. Schw. dicht bis zottig beh. Br. breit, länger als die Schw. Stg. ringsum befl. o. ziemlich dicht zottig beh.

Steiermark, Frankreich.

f. **salebrosa** (Bor.) Top. B. kl. bis mgr., hellgrün, dünn, ell. o. eif.-ell., sp. o., stpfl., Behaarung wie die Var. Z. d. S. niedriger u. gedrängter, f. kerbig-gesägt, o. mit sp., bis 1 mm h., durchschnittlich 4 mm entf. Enden. Ped. verkahlend, K. gl., geborstet, Kz. sp. (nicht stpfl., wie H. Br. S. 461). Stg. aufr. o. schlänglich.

Nach Originalen im Wiener Hofmuseum u. in meiner Sammlung; der Name blieb mir ungeklärt. — (*M. varians* Hst. sec. H. Br.) Niederöst., Oberöst., Böhmen, Frankreich.

f. **Arverniensis** Top. B. ell. o. eif.-ell., kurz zugesp., untere B. sp., obsts. dicht beh., untsts.

zerstreut beh., sehr bew.; Z. d. S. meist kl., zahlr. u. gedrängt, mit sp. o. zugesp., bis 0,8 mm h., 2—3 mm entf. Enden. Schw. f. zottig beh. Stg. zieml. niedrig, bis 3 dm h., ± dicht beborstet. B. 25—30—35 × 14—18—20 mm gr.

M. agrestina H. Br. sec. sched. non in Öst. bot. Z. 1893. Nr. 7. Oberöst., Steiermark, Tirol, Frankreich.

B. mgr., eif.-ell., sp. o. schwach zugesp., mit zieml. konv. R., beidsts. beh., 30—40—50 × 18—22 bis 25 mm; Z. d. S. unrglm., dünner stehend, ungleich gr. auf einem u. demselben B., sehr hervortretend, mit zugsep., inn. f. ger., auß. konk. o. schwach well., deutlich weichsp., bis 2 mm h., 3—4 mm entf. Enden. Ped. ± dicht beh., K. dicht beh., Kz. br., kurz sp. Stg. minder kräftig, beh.: ξ var. **argutissima** (Borb.) Top.

Ungarn.

f. **suecica** Top. B. kl. bis mgr., ell. o. eif.-ell., kürzer als die der Var., hellgrün, sp. o. sehr kurz zugesp., beidsts. kurz-borstig beh., am Rande bew., 25—30 bis 35 × 16—20—22 mm; Z. d. S. rglm., f. gleichgr., sch.-zugesp., weichsp., durchschnittl. 1 × 4 mm gr. B.stiel zottig beh. Stg. meist einf., zottig beh.

Schweden.

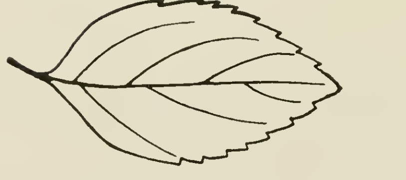


Fig. 58.

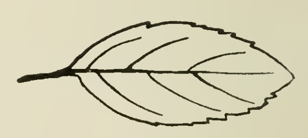


Fig. 59.

Fig. 58. *M. arvensis* L. ο var. *pascuorum* Top.

Fig. 59. *M. arvensis* L. ο var. *pascuorum* Top. f. *deflexa* (Dum.).

II. Z. d. S. niederliegend u. niedrig, stpfl. o. sp.

1. Z. d. S. gedrängt.

B. kl. bis mgr., hellgrün, eif.-ell. o. ell., sp. o. etwas zugesp., mit zieml. konv. R., Bas. kurz zugezogen, beidsts. zerstreut beh., 20—30—40—45 × 12—18—25—26 mm; Z. d. S. rglm., ± gedrängt (mindestens an den oberen Stg.blättern), stpfl. (an den oberen B.sp.), mit inn. ger. o. schw. konk., auß. schwach konv., seltener f. ger., 0,3—0,8 × 2—4 mm gr. Enden. Br. kurz, k. u. bew.; Ped. k., K. zerstreut o. dichter beborstet, Kz. br.-sp. Stg. meist schwach, aufr., einf. o. niedrig u. sehr veräst.: ο var. **pascuorum** Top.

(*M. multiflora* Host p. max. pte., *M. pulchella* H. p. pte., M. arv. L. var. *densifoliata* Bq. exs., *M. parvifolia* Host

exs., f. *parvula* Top. p. pte., *M. austriaca* Jq. exs. horti Vindob. — leg. Fenzl, mit zweierlei Formen.) Niederöst., Oberöst., Böhmen, Steiermark, Frankreich.

f. **campylocormos** Top. Stg. bis 7 dm h., ringsum locker befl., wenig gebogen. Schw. zahlr., kl. u. vielblütig, ± dicht beborstet. B. ell., obsts. ± dicht, untsts. ± zerstreut beh.

(*M. hirsuta* Host. exs.) Ungarn, Pommern.

f. **serpentina** Top. Stg. ebenso, oft auffallend schlänglich; Ped. k., K. ± dicht beborstet. B. mit sehr konv. R., br.-ell., 30—40 × 18—25 mm, obsts. dichter beh., untsts. an den Nerv. befl.

Oberöst, Steiermark.

f. **deflexa** (Dum.) Top. B. kl., ell. o. eif.-ell., zieml. dicht beh.; Ped. zerstreut beborstet o. k., K. ± dicht borstig beh., Kz. kurz sp.

Niederöst., Oberöst., Steiermark, Böhmen, Frankreich. (*M. parietariaefolia* Host nach auth. Exs! = *M. procumbens* Thuill. = M. arv. L. var. *minor* Bq.)

Anm. *M. arvensis* L. var. *minor* Bq. ist ein Passepartoutname Briquets für alle kl. bis mgr.-blättrigen Formen, besonders der Ovales-Gruppe. So benennt Briquet mit diesem Namen folgende auth. Muster im Herbar des Hofmuseums in Wien: *M. austriaca* Jq., *hirsuta* Host., *pulchella* H., *parvifolia* H., *varians* H., *simplex* H., *deflexa* Dum., *procumbens* Th.; aus der Longulae-Gruppe: *M. lanceolata* Beck., *divaricata* H. u. *ocymoides* H.

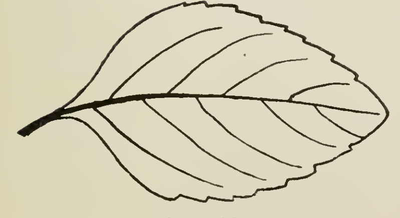


Fig. 60.

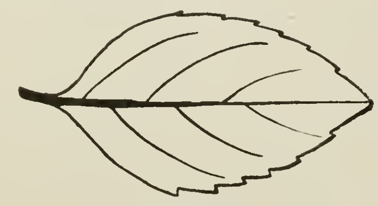


Fig. 61.

Fig. 60. *M. arvensis* L. π var. *cyrtodonta* Top.
Fig. 61. *M. arvensis* L. ϱ var. *foliicoma* (Op.) Top.

B. mgr., hellgrün, ell.-eif., Scheitel sp. mit stpf. Sp., mit mehr konv. R., Bas. kurz verschm. o. abger., kurz gest., obsts. mehr, untsts. minder zerstr. beh., 35—40—50 × 22 (24)—25 (28) bis 33 mm; Z. d. S. rglm., zahlr., gedrängt, stpf., auß. konv., mit recht- o. stpf.-winkligen Buchten, 0,8 × 2,5 mm im Durchschnitte gr. Schw. wenig zahlr.; Br. eif.-ell., zerstreut beh., lg. bew.; Ped. k., K. gl., borstig, Kz. u. Buchten sp. Pfl. protogynisch. Stg. bis 5 dm h., meist einf., wenig befl.: π var. **cyrtodonta** Top.

Steiermark.

2. Z. d. S. dünner stehend.

B. mgr., ell. o. eif.-ell., sp. o. f. sp., mit mäß. konv R., Bas. schmal verengt o. abger., zieml. lg. gest., beidsts. beh., 30—40—50 × 18—25—33 mm; Z. d. S. rglm., mit inn. ger. o. konk. (wegen der vorgebogenen Weichsp.), a u ß. f. g e r. o. s c h w a c h g e w., 0,5—0,8 × 3—5 mm gr. Enden. Br. lztt., bew.; Ped. k. selten zerstreut borstig, K. kurz-gl., borst., Kz. kurz sp., f. breiter als h. Pfl. protandrisch u. protogynisch. Stg. einf. o. ästig o. vom Grunde aus vielästig:

♀ var. **foliicoma** (Op.) Top.

Oberöst., Steiermark, Böhmen, Frankreich.

f. **d i v e r g e n s** Top. Pfl. niedrig, Stg. vom Grunde aus ausgebreitet veräst., ringsum borstig. B. kl. bis mgr., sp. o. zugesp., Bas. kurz verschm., kurz bew., 25—30—40 × 15—17 (20)—23 (25) mm, dicht borst. beh.; Z. d. S. unrglm., a u ß. s c h w a c h k o n v. Ped. k. o. f. k. o. zerstreut beborst., K. d i c h t beborst., Kz. kurz sp.

Oberöst., Schlesien.

f. **d i f f u s a** (Lej.) Top. Pfl. niedrig, Stg. aufsteigend o. aufr., einf. o. veräst. B. k l., ell.-eif., ell.-verlängert-eif. o. lgl.-ell., sp., untere B. stpfl., mit w e n i g konv. R., Bas. länger o. kürzer verschm., beidsts. zerstreut beh., zieml. lg. gest., 20—35 (40) × 10—17 (20) mm; Z. d. S. s e h r n i e d r i g, durchschn. 0,5 × 3 mm gr. Schw. zahlr., Blüten verhältnismäßig gr., Ped. meist. veriäng.

Niederöst., Oberöst., Böhmen, Pommern.

D. Alle B. — auch die obersten Stgb. und die Astb. — eif., kurz eif. o. breit-eif., mit abgerundeter o. kurz verschm. u. sehr konv. Bas.; selten auf derselben Pfl. auch Übergänge zur vorigen Gruppe vorhanden (*R o t u n d a t a e*).

I. Pf . mit mgr. B.

1. Z. d. S. hervortretend.

B. b r. - e i f. o. e i f., sp., zum Grunde a b g e r. o. h e r z f. o. k u r z v e r s c h m., obsts. dicht, untsts. zerstreut beh., 30—35—40 × 18—20 bis 25 mm; B.stiele so lang als die Schw., selten etwas länger; Z. d. S. rglm., zieml. gr., z a h l r., g e d r ä n g t , mit sp., inn. ger., auß. f. ger. o. schwach konv., 0,8—1,2 × 2—3 (4) mm gr. End. Br. lztt., beh., bew.; Ped. k. o. borstig, K. weißborstig, Kz. sp. Pfl. in der Behaarung sehr veränderlich, protandrisch u. protogynisch. Stg. ästig:

σ var. **agrestis** (Sole) H. Br.

(*M. Scribae* F. Schultz [B. an der Bas. gestutzt zuger., K. grauzottig] = *M. latifolia* F. Sch.) Oberöst., Steiermark, Böhmen, Schweiz, Frankreich.

f. **palustris** (Mönch) Top. Pfl. schwach beh. Stg. meist einf. B. mgr. bis kl., eif., sch. sp. o. etwas vorgezogen, zur Bas. br.-zugezogen, o. zum B.stiel einseitig zugeschweift, zerstreut beh.; Z. d. S. rglm., die der größten B. zieml. voneinander gestellt, die der kleineren B. 0,4—0,5 × 3—5 mm gr. Kz. sp. o. verläng. sp.

Mähren, Böhmen. (Die obige Beschreibung ist nach den von H. Br. bestimmten Obornyschen Exsikkaten aus Znaim; doch befinden sich im Herbar Aust mehrere von Oborny ebendort gesammelte u. als *M. pal.* Mnch. herausgegebene Pfl., welche aber zur var. *foliicoma* Op. gehören.)

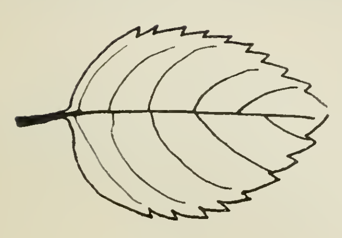


Fig. 62. Fig. 63.

Fig. 62. *M. arvensis* L. σ var. *agrestis* (Sole) H. Br.
Fig. 63. *M. arvensis* L. ι var. *arvensis* (L.) H. Br.

f. **styriaca** Top. B. sehr br.-eif., mit br.-abger. Bas., derb, B.stiele f. so lg. als die Schw., 25—30—35—40—50 × 18—22—25—33 bis 38 mm; Z. d. S. grob, auß. konv., 1—1,8 × 3—4 mm gr. Br. k., weißzott. bew.; Ped. k., K. meist gestreift, dicht lg.-weißzott. beh.; Kz. sp. o. zugesp., Buchten sp. Pfl. im stat. v. u. sbr.-ax., nur sterile protogynische beobachtet. Stg. einf. o. im oberen Teile kurzäst., mäß. befl.

Steiermark. (Gesammelt von Sabransky, sowohl im trockenen Sommer 1911 als auch im regnerischen Sommer 1912, immer protogynisch u. steril.)

2. Z. d. S. niederliegend.

B. derb, eif., sp., Bas. br., kurz verschmäl. o. abger., zieml. dicht beh., die größten B. 10 mm lg. gest., die kl. B. kurz gest., 30—35—40—50—60 × 23—25—28 bis 30—35 mm; Z. d. S. rglm., dünner stehend, sp., inn. ger., auß. ger. o. schwach konv., mit winziger o. keiner Weichsp. Ped. k. o. zerstr. beborst., Kz. sp. Stg. meist. äst., borstig beh.:

ι var. **arvensis** (L. s. str.) H. Br.

Oberöst., Steiermark, Preußen, Frankreich.

f. **adrophyllodes** Top. B. mgr. bis gr., br.-eif. o. br.-eif.-ell., stpf. Br. ell. zerstreut beh. u. borst. bew., K. gl., 13nervig. Pfl. reichbelaubt,

im stat. sbr.-cf. u. v., nur protogyn. bekannt, aber fertil, mit glatten Nüssen. Stg. kräftig.

Frankreich.

II. Pfl. mit kl. B.

Pfl. niedrig, dicht beh. Stg. aufr. o. aufsteigend. B. kl., eif., kurz gest. (bis 7 mm der größten B.), mit etwas vorgezogenem Scheitel stpfl. o. spitzlich, obsts. dicht, untsts. zerstreut beh.; 20—25—30 × 11 (14)—16 (20) bis 18 mm; Z. d. S. zieml. rglm., niedrig, auß. schwach konv. o. f. ger., im Durchschnitte 0,6 mm h., 3—5 mm entf. Br. lztt., bew.; Ped. beh. o. verkahlend o. k., K. beh., Kz. sp.: *v* var. **varians** (Host ampl.) Top.

(*M. pumila, prostrata, divaricata* Host p. pte., *M. deflexa* Auct., *M. procumbens* Th. p. pte.) Niederöst., Oberöst., Böhmen, Frankreich.

f. **simplex** (Host.) Top. Stg. meist. einf., aufr.; B. beidsts. dicht beh., 10—25 × 5—15 mm gr.; Z. d. S. gedrängt, zahlr., sp., sch., bis 0,8 mm h., 2—3 mm entf. Ped. k. o. zerstreut beborstet.

Oberöst., Böhmen. Pfl. niedrig, B. kl., eif.-ell., mit kurz verschmäl. Bas., Z. d. S. dünner stehend

s. *ϱ* var. f. **divergens** Top.

6. M. villosa Huds.

$= M.\ rotundifolia \times \frac{longifolia}{viridis} = M.\ niliaca$ Bq. (1891) non Jq.

$= M.\ silvestris$ Fr. p. pte.

Eine sehr vielgestaltige Hybride. Der Abstand, welcher die *M. longifolia* und *viridis* von der *M. rotundifolia* trennt, ist durch Übergänge ausgefüllt, und die Varietäten bilden eine fortgesetzte Kette von Zwischenformen. Die der *M. longifolia* durch ihre Scheinähren nahestehenden Varietäten unterscheiden sich von dieser durch ihre ± stumpfen, breitelliptischen, runzligen, an der Unterseite netzaderigen Blätter und ihre wenigstens in der unteren Hälfte breitzelligen, bandförmigen Haare. Diejenigen, welche sich durch ihre Scheinähren der *M. rotundifolia* nähern, entfernen sich von ihr durch ihre länglichen, gesägten Blätter, deren seitliches Netzgeäder oft ein weniger sichtbares Netz bildet. Das Gegenteil findet auch statt: Wenn sich die Form der Blätter der einen oder der anderen der Stammeltern nähert, kann man die geschehene Kreuzung immer am Charakter der Scheinähren erkennen. (Nach Bq. 1891.)

Am häufigsten begegnet man folgenden Unterscheidungsmerkmalen: Blätter nach Nervatur, Behaarung und Geruch, sowie die Scheinähren der *M. rotundifolia* nahestehend, hingegen Form und Serratur der Blätter der *M. longifolia* und fast immer zeigt sich der Einfluß der *M. rotundifolia* als der größere. Einen Einfluß der *M. viridis,* der sich durch Verkahlung der ganzen Pflanze, mindestens aber des Kelches u. der Pedizellen offenbaren müßte, konnte ich bisher noch nicht feststellen.

Anm. H. Braun (S. 355) deutet *M. velutina* Lej., M. *nemorosa* W., *M. Ripartii* Dès., *M. amaurophylla* et *Benthamiana* T. Lgr. als Bastarde zwischen *M. rotundifolia* und *M. silvestris* L. u. *M. viridis* L.; die *M. Nouletiana* T. Lgr. u. *M. balsamea* W. als eine Kreuzung *M. silvestris* × *viridis*. Sagorsky u. Oßwald hingegen stellen die *M. nemorosa* W. als selbständige Art auf und begründen dies damit, daß ihr der Kerbfilz auf der Blattunterseite mangle, der Pollen gut ausgebildet sei, sich Früchte entwickeln und die *M. rotundifolia* als der eine Parens, im Sammelgebiete der *M. nemorosa* höchst selten vorkomme. Dennoch halte auch ich die besagte Minze für eine Hybride. Die Fruchtbarkeit derselben wird wohl eine nur ausnahmsweise gewesen sein, sowie auch ich an eklatanten *M. verticillata*-Formen einige Male Früchte konstatieren konnte. Der Einwurf der beiden Autoren bez. Fehlen des Kerbfilzes bei der *M. nemorosa* scheint mir nicht stichhaltig zu sein, da es *M. rotundifolia*-Formen mit nur flaumiger Behaarung gibt. Schließlich fehlt die *M. rotundifolia* im Verbreitungsgebiete der *M. nemorosa* doch nicht ganz oder sie ist wenigstens schon früher dort verbreitet gewesen. Diesbezüglich verweise ich auf meine Bemerkungen zur Hybride *M. verticillata* S. 219.

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. B. sehr br.-eilgl. o. eif.-abgerundet, im Durchschnitte 60—70 × 45—50 mm gr., von ansehnlicher Größe.

I. B. gr., Z. d. S. gr., über 2 mm h.

Stg. kräftig, oft 1 m h., mit kurzen Ästen, ± krausfl. B. f. rundl. o. lgl.-eif., sehr gr., stpfl. o. ± fein zugesp., Bas. herzf. grm., obsts. bleichgrün u. kurzhaarig,

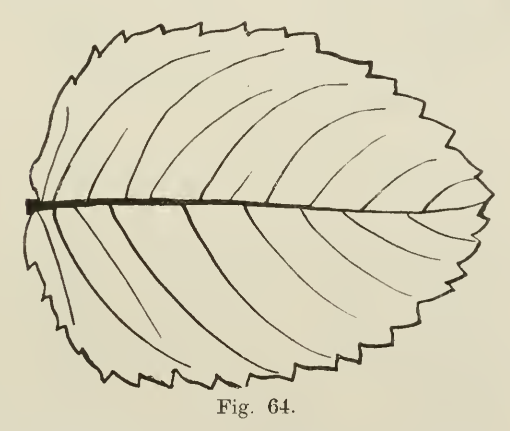


Fig. 64.

M. villosa Hds. *a* var. *alopecuroides* (Hull) Bq.

untsts. fl. u. graulich, wenig runzlig, 60—70 × 45—50 mm; Z. d. S. sehr gedrängt, inn. ger. konk., auß. konv. o. gew., mit sch., kurz- u. feinweichsp., 2—4 mm h., 5—8 mm entf. Enden:

a var. **alopecuroides** (Hull.) Bq.

(*M. velutina* Lej., *M. Malyi* H. Br.) Steiermark, Böhmen, Tirol, Westfalen, Frankreich.

Stg. kräftig, bis 12 dm h., krausfl., mit verlängerten Ästen. B. eif., lgl. o. rundlich, stpf. o. ± feingesp., Bas. herzf., obsts. dunkelgrün u. ± verkahlend, untsts. fl., graulich, ± runzlig; Anhängsel der

S. grob, gedrängt, sehr unrglm., 3eckig, zuweilen bis 6 mm h., inn. konv. o. höckerig, auß. sehr well. o. gezähnt, mit feingesp., aufgerichteten, sich krümmenden, nach rückwärts zurückgeworfenen o. gedrehten Enden:

β var. **Lamarckii** (Ten.) Bq.

(*M. undulata* Auct. non W., *M. suaveolens* Ehrh.) Niederöst., Steiermark, Elsaß, Frankreich, überall kultiviert.

f. **hortivaga** H. Br. et Top. in D. bot. M. 1895 Nr.11. B. mit lg.-vorgezogenem, gekrümmten Scheitel; Serr. bestehend aus groben, tief eingeschnittenen Z. o. aus bloßen Schlitzen.

Oberöst., Westfalen.

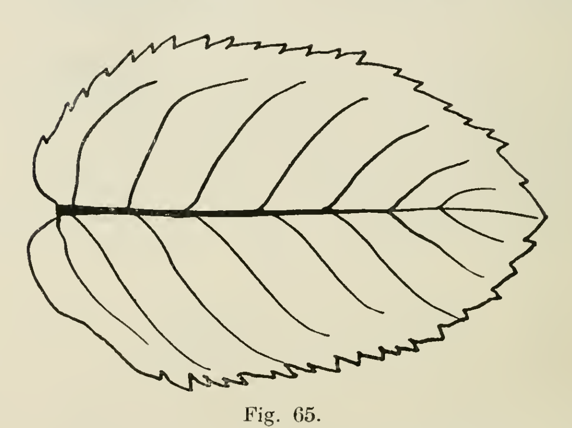


Fig. 65.

M. villosa Hds. γ var. *microdonta* Bq.

II. B. mgr. Z. d. S. unter 2 mm h.

Stg. bis 8 dm h., wenig ästig. B. ei-lgl., vorne stpf. o. abger., Bas. herzf., obsts. bleichgrün u. kurzfl., untsts. graulich, ± runzlig, 40—60 × 33—40 mm; Z. d. S. inn. ger. o. ein wenig konk., auß. ± konv., mit sp., vorwts. gerichteten, 3—5 mm entf. Enden. Sch.ähre sehr veränderlich: γ var. **microdonta** Bq.

f. **Noalhatiana** Top. Stg. u. Unterseite der B. filz. beh.; Z. d. S. sehr gedrängt, auß. gew. mit vorgezogenen Sp.

Frankreich.

B. B. eilgl., lgl., eif., ell., eif.-lztt., o. lgl.-lztt., aber nicht von einer der Länge fast gleichen Breite.

I. B. (die meisten) sehr gr., 60—80 × 40—50 mm im Durchschnitte.

1. B. lgl.-ell. o. eilgl.

B. br.-lgl.-ell., obsts. grün u. fein anliegend beh., untsts. dicht weißfilz. mit Filz im Netze, 40—60—80—90 × 30—40—50—60 mm; Z. d. S. hervortretend, zieml. rglm., mit

auß. ger. o. konv., sp., vorwts. gerichteten 1—2 mm h., 5—7 mm entf. Enden. Sch.ähren veränderlich. Pfl. kräftig, bis 8 dm h.:

δ var. **genevensis** (Dur.) Bq.

(*M. genevensis* D. D.) Frankreich.

B. ell., stpf., Bas. herzf., obsts. verkahlend, untsts. grünlich o. graul. u. fl., 70—80 × 40 bis 43 mm im Durchschn. gr.: Z. d. S. ± zahlreich, + angedrückt, mit sp. o. zugesp., vorwts. gerichteten, auß. well. o. konv., 1 mm h., 5—10 mm entf. Enden. Sch.ähren zieml. dicht beh., protandrisch 60 × 13—14 mm, protogynisch 40—50 × 10—12 mm gr. Stg. sehr kräftig, wenig ästig, bis 9 dm h.: ε var. **nemorosa** (Wlld.) Bq.

Oberöst., Preußen, Schweiz, Frankreich.

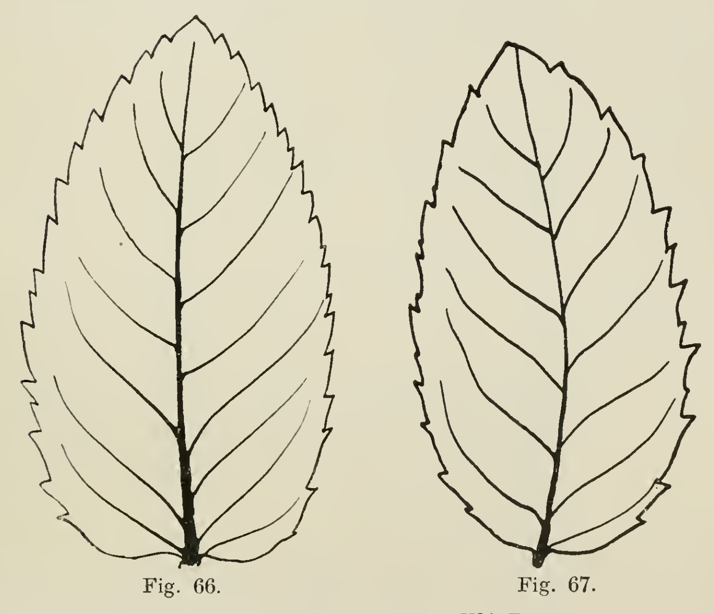


Fig. 66. Fig. 67.

Fig. 66. *M. villosa* Hds. ε var. *nemorosa* (W.) Bq.
Fig. 67. *M. villosa* Hds. ε var. *nemorosa* W. f. *chaunostachya* Top.

f. **Burkhardtiana** (Op.) H. Br. B. br.-ell.-lgl., obsts. grün u. kurzhaarig, untsts. graufl. o. graulich-filz., sp., 40—70—100 × 25 bis 35—40 mm; Z. d. S. grob, sp., sch., bis 2 mm h.

Oberöst., Sachsen, Thüringen, Rheinland, Frankreich. (Schreibung des Namens nach einer Original-Schedula des Burkhardt.)

f. **chaunostachya** Top. B. nur mgr., ell., Astblätt. oft zuger., vorne stpf. mit kurzer Sp., Bas. kurz verschm. o. abger. o. herzf., sehr kurz

gest., beidst. wenig dicht fein-kurzhaar., obsts. auch verkahlend, junge Astblätt. hier u. da untsts. vollkommen netzaderig mit weißem Filz, 50—60—70 × 26—35—40 mm; Z. d. S. grob, hervortretend, ungleich hoch, dünner stehend, mit sp., sch., weichsp., auß. well., seltener konv. o. f. ger., 0,8—2 mm h., 5—10 mm entf. Enden. Blüten kl., Ped. kahl, Sch.ähren protogynisch, schlank, locker, 60 × 8 mm gr. Stg. kräftig, fl. beh., einf. o. äst., bis 9 dm h.
Südtirol.

f. **pascuicola** (D. D.) H. Br. B. ell.-lgl., obsts. fein kurzfl. bis verkahlend, spitzl. o. zugesp., 50—70—100 × 20—32—40 mm; Serr. wie die Variet. Sch.ähren ± schlank.
Oberöst., Frankreich. (Die meisten Exsikkaten, welche ich in österr. Herbarien unter diesem Namen sah, waren Formen der *M. longifolia*.)

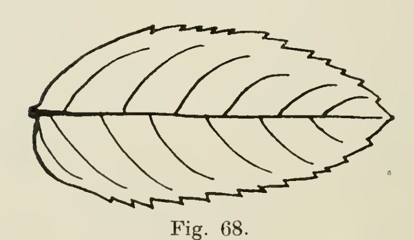


Fig. 68.

M. villosa Hds. ε var. *nemorosa* W. f. *amaurophylla* (T. L.) Top. (auth.).

f. **amaurophylla** (Timb. Lagr.) Top. mgr. bis gr., obsts. fein beh., selten verkahlend, untsts. dicht graufilz., den Filz im Netze; Z. d. S. liegend, fein u. sehr schmal, sp. Sch.ähren kurz, gedrängt.
Frankreich.

f. **Nouletiana** (Timb. Lagr.) Top. B. lgl. o. schmal-lgl., obsts. zieml. dicht kurzhaarig, untsts. graulich beh. mit etwas Filz an den Nerv., sitz. o. kurz gest., 50—70—80 × 18—28 bis 30 mm, die oberen B. viel kleiner als die unteren; Z. d. S. wenig tief, sp., mit inn. ger., auß. ger. o. etwas well., weichsp., bis 1,5 mm h., (3) 5—7 (10) mm entf. Enden. Sch.ähren protandrisch, bis 70 mm lg., kompakt o. die untere Hälfte mit etwas getrennten Schw.
Schweiz, Frankreich. (*M. albula* Timb.)

f. **Lamyi** (Mlvd. in Camus Cat. p. 220) Top. B. obsts. wenig dicht kurz- u. fein fl., untsts. graulich beh. mit etwas Filz an den Nerv., mit zieml. hervortretender Nerv., sp., Zuschnitt

u. Größenverhältnisse wie vorige; Z. d. S. der größeren B. inn. ger. o. schwach konk., auß. well., mit ± zugeschweiften Enden. Sch.ähren weniger locker als vorige.

Schweiz, Frankreich.

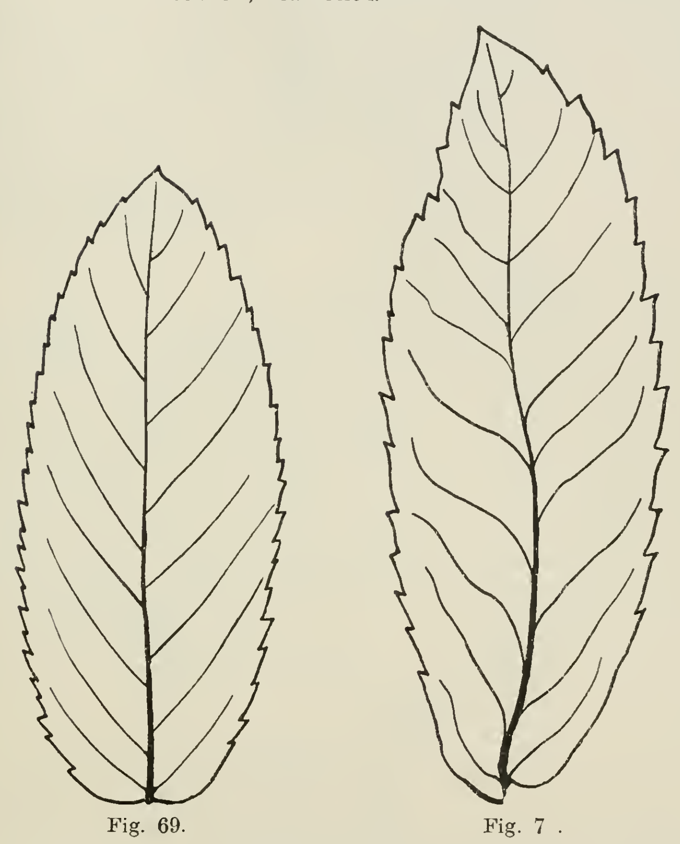


Fig. 69. Fig. 7 .

Fig. 69. *M. villosa* Hds. ε var. *nemorosa* W. f. *Nouletiana* (T. L.) Top. (auth.).
Fig. 70. *M. villosa* Hds. ε var. *nemorosa* W. f. *Lamyi* (Mlvd.) Top. (auth.).

2. B. ell.

Pfl. kräftig, 6—8 dm h., Stg. kurzhaar., sehr ästig. Untere B. ell., sp., Bas. ± verschm. o. ein wenig zuger., aber nicht herzf., obsts. grün u. von lockeren Haaren bestreut, untsts. fl., bleichgrün o. graulich, 60—70—90 × 30—35—40 mm; obere B. lgl. o. rundlich, vorne abger. bis f. abgestumpft; Z. d. S. hervortretend, ziemlich voneinandergestellt, mit sehr sp., auß. konk. o. well., weichsp., vorwts. gerichteten, 1—2 × 5—9 mm gr. Enden. Sch.-ähren sehr veränderl., protandrisch, bis 10 cm lg.:

ζ var. **Rosani** (Strail) Bq.

Frankreich.

II. B. nur mgr., bis 40—60 × 25—30 mm gr., nur die unteren B. oft etwas größer.

1. B. ell., lgl.-ell., eif., eilgl., selten lgl.-lztt.

A. B. zweigestaltet.

Stg. bis 6 dm h., kräftig, ± äst., fl. B., die oberen br.-lgl., mit st. konv. R., 45—50 × 25 mm; die unteren lang-lgl., mit eine Strecke zum Mittelnerv parallelen Rändern; alle B. obsts. grün, untsts. weißlich o. mit einem lockeren, graulichen Überzug; Z. d. S. zahlr., gedrängt, kl., zieml. rglm., mit leicht vorwts. gerichteten, auß. konv. 1 × 3—4 mm gr. Enden. Sch.ähren gewöhnlich: η var. **promecophylla** Bq.

Frankreich.

B. B. gleichgestaltet.

a) Z. d. S. hervortretend, 0,6—1 (2) mm h.

† B. untsts. dicht weißfilz., ± Filz im Netze.

Stg. zieml. kräftig, äst., beh. B. ell., eif.-ell., seltener ell.-lgl., f. sp. o. f. stpf., Bas. herzf., obsts. fl. 35—50 bis 60 (70) × 15—26—30 (40) mm; Z. d. S. ± unrglm., sehr genähert, zieml. hervortretend, mit sp., vorwts. gerichteten, auß. konv. o. ger., 1—1,5 × 2—4 mm gr. Enden. Sch.ähren zahlr., schlank, bis 8 cm h., zieml. dicht: ϑ var. **Halleri** (Gmel.) Bq.

Rheinpfalz, Frankreich.

†† B. untsts. leicht weißfilzig auf grünem Grunde.

B. ell., sp., mit mäßig konv. R., obsts. zieml. dicht fein kurzfl., untsts. grün, leicht weißfilzig mit dichterem Filz im Netze, 40—50—60 (60) × 25 bis 28—30 (35) mm; Z. d. S. zieml. genähert, mit auß. meist well., auf- o. vorwts. gerichteten, weichsp., 1—2 × 4—6 mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch u. protogynisch zahlr., dicht, die terminalen 5—9 cm lg.: ι var. **elencta** Top.

Frankreich.

B. lgl. o. lgl.-lztt., sp. o. zugesp., mit schwach konv. R., obsts. dicht beh., untsts. grün, weißfilzig im Netze, 40—50 (60) × 20—25 mm; Z. d. S. unrglm., 3eck., selten trapezoidisch, mit auß. well. sp. o. zugesp., aufr. o. niederliegenden, weichsp., 0,3—1,8 mm h., 3—6 mm

entf. Enden. Sch.ähren protandrisch, vom Typus der *M. rotundifolia*, kurz u. dicht, 55×8 mm gr. Stg. dicht fl., zieml. kräftig: ϰ var. **cladodes** Top.

Frankreich. Hierher: B. eif., sehr sch. sp. o. die obern rundlich kl. sp., mit schwach konv. R., 40—50×20—25 mm; Z. d. S. dünner stehend, auß. konv. o. well., mit sch., sp. o. zugesp., 1—2×3—8 mm gr. Enden. Sch.ähren gedrängt. var.:

var. **heterochroma** Bq. (1896).

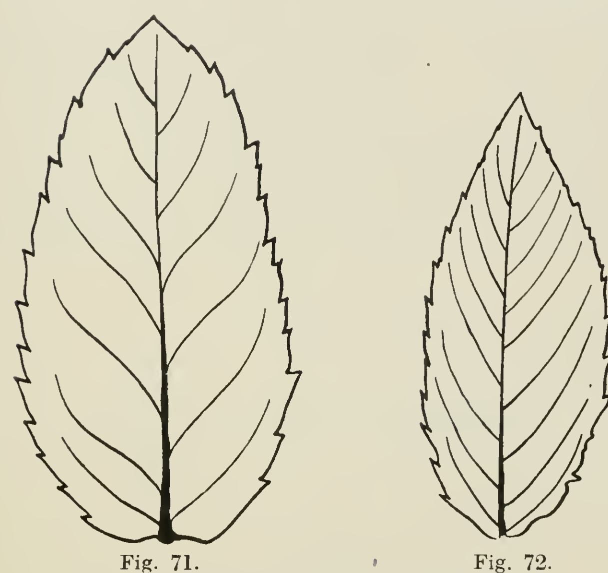


Fig. 71. Fig. 72.

Fig. 71. *M. villosa* Hds. ι var. *elencta* Top.
Fig. 72. *M. villosa* Hds. ϰ var. *cladodes* Top.

††† B. untsts. graufl. o. schwach weißfilzig.

Stg. zieml. kräftig, ästig, kurzfl., B. ell. o. lgl.-ell., sp., Bas. zuger., etwas herzf., obsts. graufl. o. verkahlend, untsts. graulich o. bleichgrün o. nur sehr wenig weißfilz.; Z. d. S. vortretend, mit auß. ± konv. o. well., sp., vorwts. gerichteten o. wenig auswärts stehenden, 1—2,5 × 2—5 mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch, stark, zieml. plump, f. 90 × 14 mm, die protogynisch. 12—13 mm gr.:

λ var. **Willdenowii** (D. D.) Bq.

(*M. niliaca* Jq., var. *niliaca* Bq. [1891], *M. silvestris*, var. *glabrata* Benth., *M. sapida* Mlvd. non Tsh., *M. nemorosa* var. *nemorosa* Wrtg., *M. incana* W. p. pte., *M. canescens* Roth.) Oberöst., Dalmatien, Frankreich.

f. **Gillotii** (D. D.) Top. B. dünn, die der Äste eif.-lztt., sitz. o. f. sitz.; zugesp., untsts. mit Spuren von Filz; Z. d. S. niedrig, mit 3—5 mm entf. Enden.

(*M. niliaca* Jq. var. *niliaca* Bq. sec. exsicc.) Frankreich (auth. Ex.).

Anm. *M. Gillottii* D. D. gehört gemäß Beschreibung in Bull. bot. soc. de Belg. pag. 324 zur *M. villosa* H. var. *Halleri* Gm.: „à tomentum en réseau sur les feuilles ramèales." Auch Briquet und H. Braun bringen diese Notiz und reihen demgemäß diese Pflanze. Da jedoch hier nur die Stengelblätter zur Differenzierung berechtigen können und diese flaumhaarig sind, so ist sie besser zur *M. vill.* var. *Willdenowii* zu ziehen.

†††† B. obsts. fl. u. grün, untsts. flaumig-weiß, kl. bis mgr., 25—35 × 12—15 mm, Nerv. netzig, die obere Seite der Blattfläche tief höhlend; Z. d. S. kl., unrglm., zahlr., ausz. well. o. höckerig, mit 0,6—1 × 2—4 mm gr. Enden: var. **discincta** Bq. (1896).

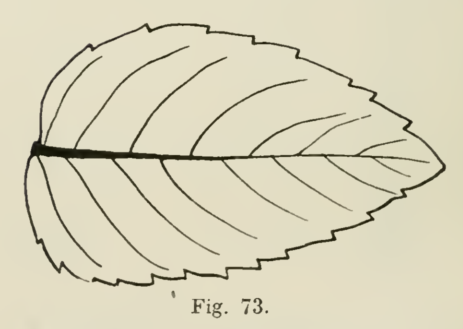


Fig. 73.

M. villosa Hds. μ var. *sapida* (Tsh.) Bq.

b) Z. d. S. (nämlich der Stg.blätter) wenig hervortretend, 0,2—1 mm h.

† Kelch glockig.

B. lgl. o. ell., f. sp. o. f. stpfl., mit mäß. konv. R., mit ± herzf. Bas. sitzend, obsts. grün u. fl., untsts. graulich u. fl.-samtig, sitz., 40—75 × 25—30 mm; Nerv. f. einf.; Z. d. S. ± zahlr., ± unrglm., auß. well. o. wenig konv., mit sch., sehr kurz weichsp., vorwts. gerichteten, 0,3—1 × 3—6 mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch, sehr kräftig, bis 90 × 13 mm im Durchschnitte. Stg. kräftig, bis 9 dm h. werdend, an den Kanten fl.:

μ var. **sapida** (Tsh.) Bq.

Oberöst., Frankreich.

f. **leptodentata** Top. B. untsts. weißfilz., hier u. da Filz im Netze; Z. d. S. sehr niedrig, stellenweise kaum merklich, inn. ger., auß. ger. o. well., mit fein zugesp., weichsp., 0,2—0,7 × 2—4 mm gr. Enden. Sch.-ähren protandrisch, bis 80 mm lg. Pfl. bis 4 dm h.

Frankreich.

B. ell., stpf., oft kurz zugesp., mit herzf. Bas. sitz. o. f. sitz., obsts. dunkelgrün, wenig o. sehr kurzfl., untsts. bleichgrün o. kaum etwas graulich dichter fl., Nerv. f. einf., 30—50 ×18—25 mm; Z. d. S. winzig o. kl., dünnstehend, ausz. ger. o. etwas well. o. schwach konv., mit sp., 0,2—0,6 mm h., 3—7 mm entf. Enden. (Das authentische Muster im Wiener Hofmuseum hat aber größere, mgr. bis grobe Sägezähne):

var. **velutella** Bq. (1896).

Noch nicht beobachtet, ebenso wie die folgende Var.

†† Kelch glockig-kugelig.

B. lgl. o. ell., ± sp. o. stpf., Bas. herzf., obsts. grün u. fl., untsts. weißgraulich, Nerv. ± netzig, die B. ein wenig runzelnd, 40—50 ×20—25 mm; Z. d. S. wenig tief, auß. konk., mit sp., ein wenig aufgerichteten, 0,5—1 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Br. lztt., K. kl., kugelig, Kz. kl., 3eck. lztt. Sch.ähren protandrisch, 10—13 mm, die protogyn. 8—10 mm br.:

var. **Timbali** Bq.

(*M. niliaca* Jq. [sec. Bq.] var. *Timbali* Bq.)

2. B. lztt. o. lgl.-lztt., sich sehr den Formen der gewöhnlichen Varietäten der *M. longifolia* nähernd.

A. B. obsts. flaumhaarig.

a) Z. d. S. über 1 mm h. werdend, nach vorne gerichtet.

* Z. d. S. viele, gedrängt.

B. lztt. o. lgl.-lztt., f. zugesp. o. sp. mit mäß. konv. R., obsts. kurzfl. o. grün, untsts. weiß- o. graulichfilz., oft ein wenig runzlig, 50—60 (70) × 20—30 mm; Z. d. S. zahlr., auß. konv. o. gezähnt, mit sehr sp., 0,5—1 (1,5) × 1—2,5 mm gr. Enden. Sch.ähren gewöhnlich, 6—7 cm, ausnahmsweise 10—11 cm lg., m. Int. 20—25 mm lg. Stg. ± ästig, zieml. kräftig, bis 6 dm h.:

ν var. **similis** (D. D.) Bq.

Frankreich.

B. lgl.-lztt., derb. zugesp., mit mäß. konv. R., Bas. herzf., obsts. dicht

kurzfl., hellgrün, untsts. stellenweise o. ganz weißfilzig, den Filz im Netze, Nerv. netzaderig, die Oberseite der B. runzelnd, 40—50—60 (70) × 15 bis 20—30 mm; Z. d. S. dicht stehend, unrglm., derb u. sch., auß. u. inn. verschieden gestaltet, mit meist 3eck., selten trapezoidischen,

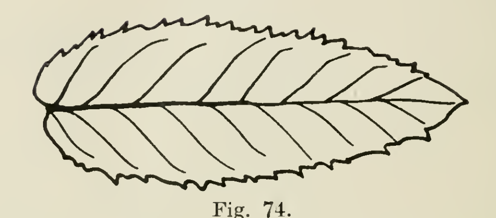


Fig. 74.

M. villosa Hds. ξ var. *emarginata* Rb. Top. (auth.).

sp. o. zugesp., gerade abstehenden o. nach rückwärts o. vorwts. gewendeten, weichsp., bis 1,3 (selten bis 2) mm h., (1) 2—3 (5) mm entf. Enden. Pfl. von graugrünem Aussehen. Stg. 5—6 dm h., weißfilz. beh. Sch.ähren protandrisch, kurz u. dicht, 40—50 × 10 mm; K. weißfilz., Kz. pfr.:
ξ var. **emarginata** (Rb.) Top.
Frankreich.

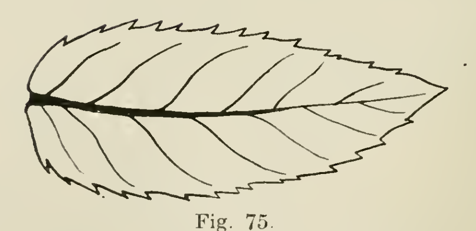


Fig. 75.

M. villosa Hds. ο var. *Allieriensis* Top.

B. lztt., aus zugerundeter Bas. gegen den Scheitel aus mäßig konv. Bas. feinzugesp. verschmälert, obsts. grün u. fl., untsts. leicht weißfilz. o. weißfilz., bleichgrün, mit hervortretenden Nerv. 1. u. 2. Ordnung, 55—60 (70) × 18—23 mm; Z. d. S. rglm., zieml. zahlr., sp. o. zugesp., inn. ger., auß. konk. o. ger., mit 0,5—1,5 mm h., 2—5 mm entf. Enden

mit ansehnlichen, vorwts. geneigten Weichsp. Sch.ähren protandrisch u. protogynisch, schlank, wenig locker, bis 18 cm lg. werdend. Stg. stark befl., oben äst., mit 2—4 cm lg. m. Int.:

o var. **Allieriensis** Top.

Südtirol, Frankreich.

Fig. 76.

M. villosa Hds. π var. *Billotiana* D. D. Top. (auth.).

** Z. d. S. dünner stehend.

B. lg.-lztt., obere eif.-lztt., zugesp., mit lg. konv. R., Bas. herzf., kurz gest., graugrün, obsts. zieml. dicht u. kurz beh., untsts. dicht beh. u. an den Nerv. befl., 40—50—60 (70) × 18—20—25 mm; Z. d. S. schwach, inn. f. ger., auß. ger. o. schwach konk., mit 0,3—1 mm h., 3—6 mm entf. Enden mit ansehnlichen, vorwts. geneigten Weichsp. Sch.ähren protogynisch, bis 8 cm lg., locker, filz. Stg. bis 8 dm lg., oft rot, dicht u. kurz beh., mit 3—5 cm lg. m. Int.:

π var. **Billotiana** (D. D.) Top.

Frankreich. (*M. balsamea* (Willd.) Bill.)

B. lgl. o. lgl.-lztt., mit mäßig konv. R., untsts. kerbfilz.; Z. d. S. ungleich; 3 eck., selten trapezoidisch, sp. o. zugesp., well.:

s. x var. **clados** Top.

Hierher gehören auch: B. lztt. o. lgl.-lztt., allmählich zugesp., mit lg. konv. R., obsts. fl., graugrün, untsts. weißfilz., Nerv. f. netzig mit Filz im Netze, 40—60 × 20 mm; Z. d. S. inn. ger., auß. konk. o. gew., mit zugesp., weichsp., 1—1,8 × 3—7 mm gr. Enden. Sch.ähren protandrisch, ziemlich lg., gedrängt, Stg. mit 3—6 cm lg. m. Int.:

var. **albovelutina** Bq. (1896).

b) Z. d. S. klein, nicht 1 mm h. werdend.

B. ell.-lztt., dünn, sehr sch. u. zugesp. mit mäß. konv. R., obsts. grün u. leicht fl., untsts. bleichgrün, kaum graulich, dichter fl., Nerv. netzig, etwas hervortretend, 35—50 × 25 mm; Z. d. S. kerbig, winzig o. kl., unrglm.,

auß. ger. o. well., mit sehr sp., 0,2—0,5 × 3—7 mm gr. Enden. Int. 3—4 cm lg.: var. **marginalis** Bq. (1896).

B. lgl.-lztt., sp., mit mäß. konv. R., Bas. herzf., obsts. trübgrün, dicht fl., untsts. weißfilz. im Netze, 45—50 (60) × 20—25 mm; Z. d. S. rgl m., inn. ger., auß. ger. o. well., mit sp. o. zugesp., weichsp., vorwts. geneigten, 0,4—0,8 × 3—6 mm gr. Enden. Sch.ähren zierlich, von der

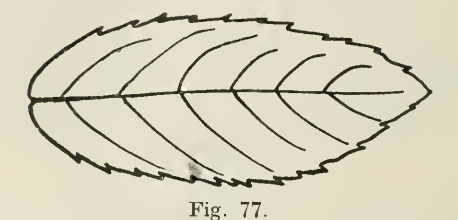


Fig. 77.

M. villosa Hds. ϱ var. *soluta* Top.

walzig-kegeligen Form der *M. rotundifolia*, die terminale bis 8 cm lg., 8 mm br., locker, die untersten 3—5 Schw. sich im Zustande des Abblühens voneinander entfernend; m. Int. 25—40 mm lg. (*M. Ripartii* Gillot non D. D.): ϱ var. **soluta** Top.

Triest, Frankreich.

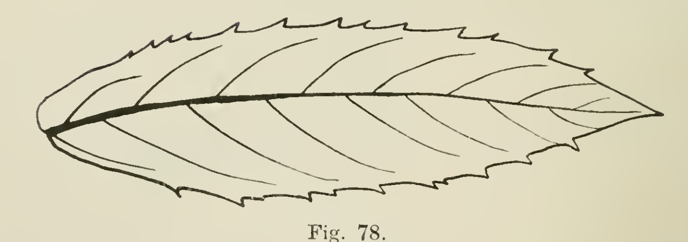


Fig. 78.

M. villosa Hds. σ var. *salicetorum* Bq. (auth.).

B. lztt., sehr sp. o. zugesp., mit leicht konv. R., obsts. bleichgrün, fl., untsts. ± weißfilz., Nerv. f. einf., 35—50—70 × 12—15—25 mm; Z. d. S. winzig, inn. ger., auß. konk., f. ger. o. well., mit klein-weichsp., 0,2—0,4 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Sch.ähren protandrisch, gewöhnlich, dicht, protogynisch, schlank, deren untere Hälfte mit getrennten Wirteln; m. Int. 2—5 cm lg.: σ var. **salicetorum** Bq. (1896).

Südtirol.

B. B. obsts. filzig, wie die ganze Pflanze.

B. derb, mgr. bis kl., lgl. o. lgl.-lztt., mit zugezogenem sp. Scheitel, mit schwach konv., stellenweise parallelen R., untsts. kerbfilz., sitz., 30—60 mm lg., Breite ein Viertel der Länge; Z. d. S. ungleich, oft nur wie aufgesetzt, kl. bis mgr., aufstehend, sp. o. zugesp., inn. ger., auß. meist konk., bis 3 mm entf., Sch.ähren sehr dicht weißfilz. Stg. einf. o. oben kurzäst.: τ var. **gnaphalophyta** Top.

Ungarn.

Anm. Die dichte Behaarung, besonders das Vorhandensein von Kerbfilz auf der Blattunterseite ist für die Einreihung dieser und ähnlicher Menthenformen in diese Hybridenformel allein nicht entscheidend; es spricht hierfür auch die charakteristische Haarbildung der *M. rotundifolia*.

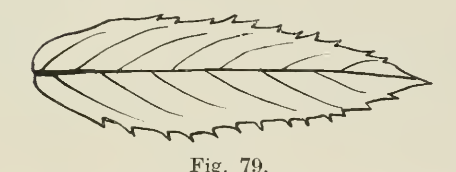


Fig. 79.

M. villosa Hds. τ var. *gnaphalophyta* Top.

III. B. klein (unter 3 cm lg. werdend), Pfl. niedrig.

Noch nicht beobachtet:

B. lztt., sp., obst. fl., untsts. weißfilz. o. weißgrau, Nerv. f. einf., 25—30 × 10—13 mm; Z. d. S. sehr unrglm., auß. sehr konv., mit weichsp., vorwts. gebogenen, seltener aufr. o. gedrehten, 0,2—0,7 × 2—4 mm gr. Enden. Sch.ähren 3—5 × 1 cm gr., m. Int. 1—2 cm lg.: var. **Notarisii** Bq. (1896).

B. eif.-ell., kurz sp., beidsts. schmutziggrün, fl., Nerv. netzig untsts. leicht hervortretend, 20—25 × 15 mm; Z. d. S. auß. well., mit sehr sp. o. zugesp., bis 1 mm h., 2—3 mm entf. Enden. Sch.ähren zart; m. Int. 2—4 cm lg.: var. **viridistra** Bq. (1896).

7. M. Maximilianea F. Schultz.

= *M. aquatica* × *rotundifolia* F. Sch.

„In den wesentlichen Eigenschaften identisch mit der *M. dumentorum*. B. im allgemeinen vorne rundlich oder stumpflich. Nerv. gewöhnlich einf., hier u. da zu einer netzaderigen neigend. Serr. entweder aus 3 eck. Zähnen mit auß. ± konv., ± stpf. o. ± ger. Enden oder aus Kerben bestehend" (Bq. 1891).

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. Alle Schw. o. die 1—2 untersten ausgenommen, während der Anthese genähert.

B. breit-eif. ± runzlig, sp., mit sehr konv. R., Bas. herzf., beidsts. grün, zerstreut beh., untsts. ± fl., obere

B. vorne fein zugesp., Bas. abger., gest., 30—40—50—60 bis 80 (90) × 20—30—35—40—50 mm; Z. d. S. kräftig, viele, inn. ger. o. wenig konk. auß. konv., mit ± sp., vorwts. gerichteten, 1—2 mm h., 5—7 mm entf. Enden. Sch.ähren verlängert u. dicht, aber unterste 1—2 Schw. getrennt, kräftig, 15—18 mm br. Stg. bis 1 m h., borstig, äst., mit 3—4 cm lg. m. Int.:

a var. **Maximilianea** F. Sch.

Frankreich.

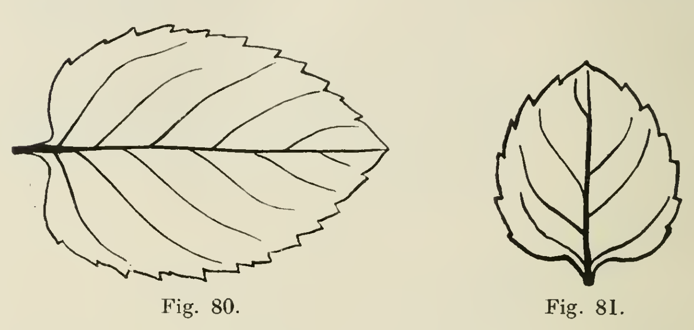


Fig. 80. Fig. 81.

Fig. 80. *M. Maximilianea* F. Sch. *a* var. *genuina* (auth.).
Fig. 81. *M. Maximilianea* F. Sch. *a* var. *genuina* f. *Duffortii* (Rom.) Top. (auth.).

f. **Weissenburgensis** F. Sch. Pfl. stärker beh. u. mit wenig tiefer, kerbig gezähnter Serr.; Z. d. S. auß. konv. mit schmal-spitzwinkligen Buchten. Sch.ähren protandrisch. kopfig, protogynisch. verlängert u. deren unterste Schw. entf.

Deutschland.

f. **Duffortii** (Romy in sched.) Top. B. kl., rund, durch die Kultur mgr. u. br.-ell., sehr wenig tief u. kerbig gesägt, vorne stpf., kurz gest., beidsts. f. k., untsts. bleichgr. Pfl. leicht befl. Sch.ähren lg. u. locker.

Frankreich, spont. u. kult.

B. kl., ell. o. lgl., eif.-ell. o. gar eif., stpfl., Bas. abger. o. herzf., beidsts. grün, obsts. kurz beh., untsts. fl., 35—40—50 × 20—22—30 mm; Z. d. S. rglm., wenig hervortretend, auß. ger. o. etwas konv., mit ± sp., vorwts. geneigten, 0,2—1 mm h., circa 4 mm entf. Enden (B. der sog. forma exserta kl. sehr wenig tief gesägt). Sch.ähren dick, 10—15 mm br., etwas verlängert o. kopfig. Stg. sehr ästig, bis 5 dm h., borstig beh.: *β* var. **Schultzii** Bont.

Frankreich.

B. Alle o. die untersten 4—5 Schw. schon während der Anthese getrennt durch gegen oben sich allmählich an Länge vermindernde, aber immer noch erkennbare Internodien. B. mgr.-gr., eif., vorne sp. o. zugesp., mit unten sehr konv. R., Bas. herzf. obst. ± dicht anlieg. beh. 40—50 × 25—30 mm gr., unrglm., sch. u. sp. gesägt. *γ* var. **suavis** (Guss.) H. Br.

(*M. Amblerdii* [Debraux].) Frankreich.

8. M. dumetorum Schultes.

= *M. aquatica* × $\frac{\textit{rotundifolia}}{\textit{longifolia}}$ = *M. pubescens* et *hirta* W., *M. palustris* (Sole non Mönch.).

„B. lgl.-eif. o. eif., flaumh., wenig drüsig, vorne ± sp., an der Bas. verschmäl. o. herzf., K. sehr zottig beh., ziemlich dem der *M. aquatica* ähnlich, aber mit wenig hervortretenden Nerven. C. ohne o. f. ohne Nectarostegium. Sch.ähren sehr verschieden. Das System der Behaarung variiert zwischen dem der beiden Stammeltern" (Bq. 1891).

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. B. ell. o. lgl., seltener eif.-ell., lgl.-lztt. o. eif.

I. Stg. oben fein- u. angedrückt aschgraufl.

B. eif.-ell., eif.-lztt., selt. eif., kurz sp. o. stpfl. o. ± zugesp., mit im unteren Teil ± stark konv. R., Bas. abger., obsts. grün, feinfl. bis verkahlend, untsts. bleichgrün, dicht feinfl., 35—60—90 × 15—30—48 mm; Z. d. S. ± unrglm., viele, auß. well., schwach

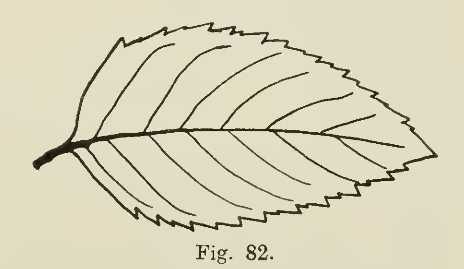


Fig. 82.

M. dumetorum Schult. *a* var. *cinerea* (Hol.) Bq. (auth.).

konv. o. gezähnt, mit sp., vorwts. gerichteten, meist. kl., 0,5—1,5 mm h., 2—6 mm entf. Enden. Sch.ähren kurz, oft kopfig, zieml. dicht, langhaar., 2—4 cm lg. werdend. Ped. seidenh.-fl., K. gl.-röhr., deutl. gefurcht, beh.; C. inn. k. o. f. k. Stg. kräftig, äst., fein beh., oben angedrückt-fl., von aschgrauem Ansehen: *a* var. **cinerea** (Holuby) Bq.

Thüringen (var. *jenensis* H. Br. et Top. olim), Sachsen, Ungarn.

B. lgl.-lztt. o. lztt., sch.-sp., mit ± konv. R., Bas. f. gestutzt abger., obsts. dichtangedrückt, kurz feinfl., untsts. grau- o. weißgraufilz., mit beinweiß hervortretendem Hauptnerv.; untere B. 50—60 × 25—30 mm, obere 30—40 × 18—20 mm; Z. d. S. minder zahlr., zieml. gedrängt, der unteren B. inn. ger., auß. well., mit aufr. o. vorwts. gerichteten, weichsp., 0,5—1,5 × 3—5 mm gr. Enden.

Blütenstand kurz kopfig, weißzott. K. r.-gl. C. inn. k. Stg. äst., dichtfl.:

β var. **Carnuntiae** (H. Br.) Top.

Niederöst.

II. Stg. locker fl. bis verkahlend, Sch.ähren ± verlängert.

1. Obere B. ell.-eif.

A. Z. d. S. groß.

B. mgr. bis gr., ell. bis br.-ell. o. ell.-lgl. o. etwas ell.-eif., sp., Bas. zuger. o. ein wenig verschm., obsts. grün, verkahlend, untsts. grün o. graulichgrün, sehr fl., 60—70—80 × 37—40 bis 45 mm; Z. d. S. rglm., grob, gr., inn. ger., auß. ger. o. gezähnt, mit aufr. o. vorwts. gerichteten, sp., 1—2,5 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Sch.ähren ± verlängert, 50—70 × 17 mm im Durchschnitte, dichtfilz. beh. Pfl. kräftig, oft 8 dm Höhe erreichend. Stg. ± äst., mit 5—8 cm lg. m. Int., ± fl. mit aufgelegten Haaren: γ var. **nepetoides** (Lej.) Bq.

Rheinpreußen.

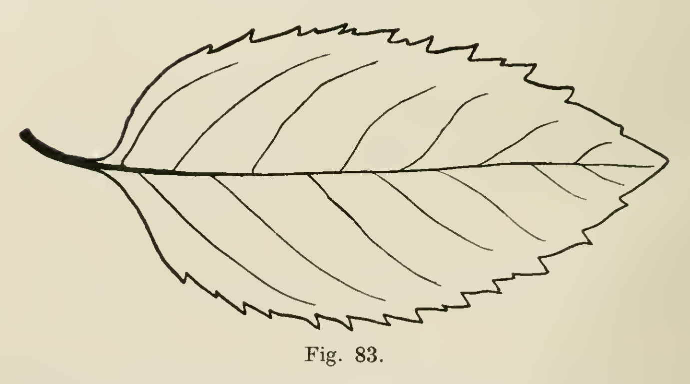


Fig. 83.

M. dumetorum Schult. γ var. *nepetoides* (Lej.) f. *periopta* Top.

f. **periopta** Top. B. gr., obsts. ± beh., untsts. dicht kurzfl., an den Nerv. lg.-fl. bew., 50—70—90—100 × 30—40—45—45 (50) mm; Z. d. S. auß. well. o. gezähnt, sp. o. etwas zugesp., mit keiner o. winziger Weichsp., 1,5—1 (1,5) × 5—8 mm gr. K. kurz r.-gl., dicht beborst., Ped., K. basis u. die pfr. Kz. dicht weißzottig, Br. f. k., weißzott. bew., mit ihrem Grün aus dem weißwolligen Indument hervortretend. C. auß. u. inn. k., seltener f. k. Blütenstand der kleinblütigen Individuen 1 o. 2 voneinander getrennte, ein Köpfchen bildende Schw., der großblumigen eine lockere, kegelige

Scheinähre bildend. Pfl. bis 7 dm h. Stg. überaus kräftig, unten 1 cm dick.

Vorarlberg, Thüringen. (*M. platyphylla* Oßwald et Sag.)

B. mgr. bis gr., ell., ell.-eif. o. eif., sch., sp., mit br. konv. R., Bas. abger., zum B.stiel br. zugez., beidsts. grün, f. k., 60—70 (80) × 35 bis 50 mm; Z. d. S. gr., rglm., inn. ger., a u ß. g e r. o. e t w a s z u g e s c h w e i f t, mit aufr., sch., zugesp., 1—2 × 4—7 mm gr. Enden. Sch.ähren bis 7 cm lg., 18 mm br., locker. Stg. kräftig, überall dicht feinfl., mit 3 cm lg. m. Int.: δ var. **glabriuscula** (Wrtg.) Top.

Rheinpreußen. (*M. pubescens* W., var. *aquatica* Wrtg.)

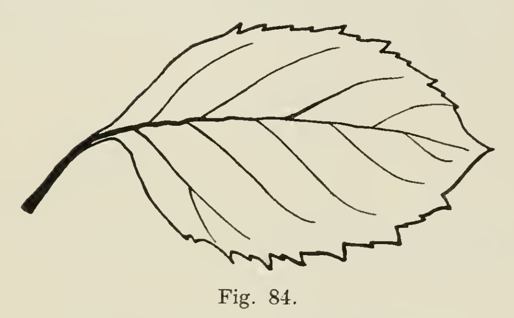


Fig. 84.

M. dumetorum Schult. ε var. *Questensis* Top.

B. Z. d. S. mgr. (bis gr.).

B. mgr. bis kl., ell. o. ell.-eif., sch. u. sp., mit s t a r k konv. R., Bas. br. abger., o b e r e B. f. a b g e s t u t z t, untere etwas verschm., dicht kurzhaar., ca. 1 cm lg. gest., 30—45—50 × 20—27 bis 30 mm; Z. d. S. gedrängt, rglm., a u ß. e t w a s w e l l. o. k l. g e z ä h n e l t, mit sch., sp. o. etwas zugeschweiften, 1—2 × 3—5 mm gr. Enden. S c h. ä h r e n bis 8 cm lg., die untersten 1—3 Schw. bis 15 mm entf., zottig beh., Stg. einf., purpurn, gleichmäßig dicht abstehend, zottig beh., mit 3—4 cm lg. m. Int.: ε var. **Questensis** Top.

Frankreich. (*M. pubescens* Lloyd.)

B. mgr., ell.-eif. o. ell.-lgl., sch. o. stpfl., mit z i e m l. m ä ß. konv. R., Bas. zuger. 30—50—60 × 15—25—30 (28) mm, seltene große B. 70 × 48mm gr., beidsts. dicht beh., die gr. B. verkahlend; Z. d. S. viele, gedrängt, mit stpfl., inn. ger., a u ß. k o n v., s e l t e n e r w e l l. u. d a n n s p., 0,3—1 mm h., 2—3,5 mm entf. Enden. B.stiele kurz; K ö p f c h e n k l., k u r z, ca. 20 × 13 mm gr., dicht zottig beh. wie der minder kräftige Stg.: ζ var. **nemorivaga** H. Br. et Top.

Thüringen. (*M. intercedens* Sag.)

Anm. Sagorsky und Oßwald beschreiben in den Mitteil. des Thür. Bot. Ver. 1910 S. 40 eine Minze, die als eine Kreuzung *arvensis* × *longifolia* erklärt und *M. intercedens* Sag. genannt wird. Die Beschreibung schließt mit folg. Bemerkung.: „In der D. Bot. Mon. 1895, S. 169 beschreiben H. Braun und Topitz eine ebenfalls von Schulze bei Kahla gesammelte Pflanze, die der Beschreibung nach mit unserer *M. intercedens* zusammenfällt. Sie geben ihr den Namen *nemorivaga* und stellen sie zur *M. Braunii* Oborny (*longifolia* × *aquatica-riparia*). Sollte diese Pflanze mit unserer identisch sein, so halten wir ihre Erklärung für falsch, da ein Bastard *silvestris* × *riparia* unmöglich eine solche Behaarung haben kann; auch müßte sich der Einfluß von *M. aquatica* in der Furchung der Kelche zeigen. Unserer Ansicht nach ist die Deutung der Pflanze als *arvensis* × *longifolia*, die M. Schulze gegeben hat, unbedingt richtig, um so mehr als er sie unter den Eltern gefunden hat. Überdies hat H. Braun selbst die Bestimmung unserer Exemplare als *arvensis* × *longifolia* als richtig anerkannt."

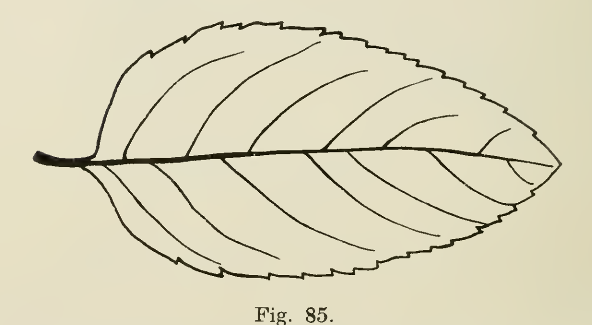


Fig. 85.

M. dumetorum Schult. ζ var. *nemorivaga* Top.

Nun bin ich wieder der Sache nachgegangen und habe gesehen, daß beide so verschieden erklärte Pflanzen wohl identisch seien. Von der Beschreibung der *M. intercedens* stimmt alles Wesentliche, auch die Behaarung ist ja bei Sag. u. Oßw. nur im Artenschlüssel (S. 6) als „Blattunterseite filzig" angegeben. Die Art der Behaarung und die Qualität der Haare selbst paßt meines Erachtens gar wohl für das Indument einer Kreuzung der Formel *aquatica* × *longifolia*. Sagorsky beschreibt dann die Kelche „röhrig-glockig, nicht gefurcht, nicht 10 streifig". Nun läßt diese Kelchform wohl eher auf den Einfluß der *M. aquatica* als auf den der *M. arvensis* schließen. Übrigens enthält das in meinem Herbar liegende Blütenpräparat der f. *nemorivaga* folgende Angaben: „... K. trichterig-glockig oder röhrig-glockig, dicht weißborstig, 13 nervig, 5 Nerven stärker, Furchen wegen der dichten Behaarung undeutlich, Kelchzähne pfriemlich zugespitzt, länger borstig bewimpert." Ich kann daher den Ansichten der Autoren Sagorski und Braun nicht beistimmen.

2. Obere B. eif.

A. Z. d. S. ± hervortretend, sch. u. sp.

B. lztt.-lgl., zugesp., Bas. zum B.stiel verschm. o. kurz zuger., beidsts. schwach beh., 35—65—90 × 15—25—40 mm; Z. d. S. ±

unrglm., dünn stehend, inn. ger., auß. ger., well. o. gezähnelt, mit sch., aufrecht. o. etwas vorwts. geneigten, 1—2 × 3—8 mm gr. Enden. Blütenstand eine lockere, kurze (bis 5 cm lg.). Sch.ähre o. ein oblonges Köpfchen:

η var. **limnogeton** Top. et H. Br.

Deutschland.

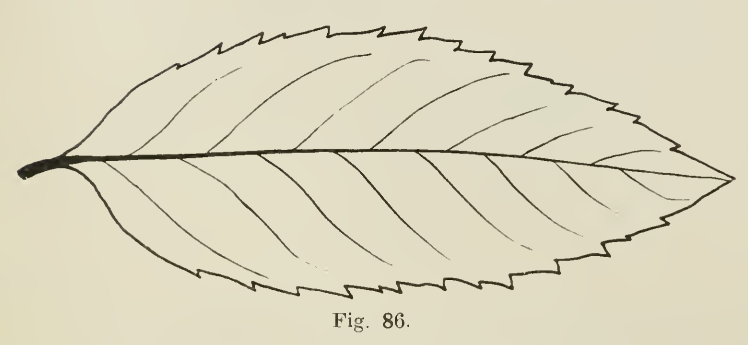


Fig. 86.

M. dumetorum Schult. η var. *limnogeton* Top.

B. lgl. o. ell., vorne stpf. mit sp. o. zugesp. Scheitel, mit nicht sehr konv. R., Bas. zuger. o. sehr kurz ausgezogen, beidsts., grün, teilweise fl. o. verkahlend, B.stiele 10—15 mm lg., 50 (60)—70 × 25—40 mm; Z. d. S. dünner stehend, sehr kräftig, inn. ger., auß. konk., mit sch., zugesp. o. weichsp., 1—2 × 3—7 mm gr. Enden. Blütenstand kopfig o. eine kurze Sch.ähre, 20—40 × 15 mm gr. Ped. rauhhaar., K. fl. (*M. Peckii* Op.).

ϑ var. **Grantzowii** Bq. (1896).

Brandenburg.

Hierher gehört: B. eif. bis br.-eif., obsts. verkahlend, untsts. ± fl., 40—50×30—40 mm; Z. d. S. ziemlich kl., sp. o. ± zugesp., bis 1 mm h., 3—5 mm entf. (Das von Briquet bestimmte Muster im Herbar des k. k. naturhist. Hofmuseums in Wien hat schmälere B.: 40—50×22 [27]—30 [36]): var. **Koernickei** Bq.

B. eif., sp. o. zugesp., aus der sehr konv., abgerundeten Bas. zur sch. Sp. zusammenneigend, beidsts. dunkelgrün, obsts. ±, untsts. weniger dicht zerstreut beh. o. fl, 20—50 × 15—25 mm; Z.d. S. rglm., sch., viele, sehr gedrängt, inn. ger., auß. ger. o. etwas well., mit aufr. o. vorwts. geneigten, zugesp. 0,5—1 × 2—4 mm gr. Enden. Sch.ähren kurz, bis 35 mm lg., locker:

ι var. **viridior** (Borb.) Top.

Ungarn. (Die Pfl. im Wiener Hofmusealherbar stimmen mit der ebendort befindlichen, auth. *M. hirta* Wild. vollkommen überein.)

Hierher gehörig ist: B. lgl.-ell., stpf., mit zieml. konv. R., Bas. abger. o. herzf., obsts. freudiggrün, zerstreut beh., untsts. bleichgrün, an den Nerv. beh., 50—90 × 30—45 mm; Z. d. S. ziemlich viele, inn. ger., auß. konv., mit sp. u. sch., 1—2 × 2—5 mm gr. Enden. Primäre Sch.ähre 40—80 × 18 mm:

var. **semnoprepa** Bq. (1889).

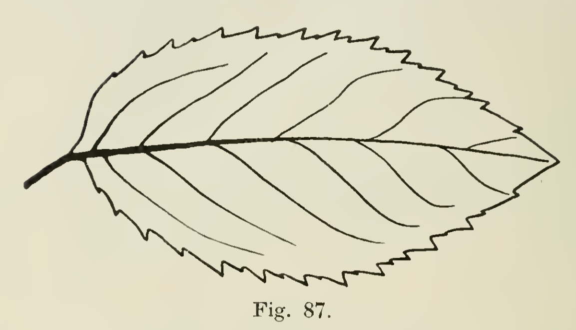


Fig. 87.

M. dumetorum Schult. × var. *Ayassei* (Mlvd.) Bq. (auth.).

B. eif. o. eif.-lztt., sehr sp. bis zugesp., aus zieml. konv., abger. o. f. herzf. Bas. etwas verschmäl., obsts. grün, beh., untsts. graufilz., f. sitzend o. kurz gestielt, 40—50—60 bis 70 × 20—23 (25)—28 (30)—30 mm; Z. d. S. ziemlich zahlr., kräftig, inn. ger., auß. konk., mit sch., zugesp., aufr. o. mit den Weichsp. vorwts. gebogenen, 1 mm h., 2—4 mm entf. Enden. Blütenstand protogynisch. ein sehr kl. Köpfchen, protandrisch. eine kurze, bis 3 cm lg., aus 2 getrennten Schw.paaren bestehende Sch.ähre. Stg. einf., angedrückt fl.:

× var. **Ayassei** (Mlvd.) Bq.

Schweiz.

Hierher auch: B. lgl.-ell. o. lztt. o. ell.-lgl., mit mäß. konv. R., obsts. grün, beh., untsts. nur an den Kanten beh., 40—50—60 × 18—22—25 mm; Z. d. S. wenig gedrängt, wenig zahlr., feinsp., auß. well. o. gezähnelt, bis 1,2 mm h., 4—5 mm entf. Sch.ähre zieml. kurz, Ped. u. K. dicht beh., Kz. pfr.:

var. **Langii** (Steudel) Bq.

B. Z. d. S. wenig tief, niedrig, der unteren B. stpfl., wie Kerben.

B. mgr. bis gr., lgl. o. lztt.-lgl., die oberen eif.-lztt., von der Mitte aus allmählich nach vorne verschm. u. zugesp., mit schwach konv. R., an der Bas. abgerundet o. verschm., beidsts. grün u. zerstreut beh., 60—80—90 × 25—30 (25)—30 mm; Z. d. S. viele, gedrängt, niedrig, auß. etwas konv. o. gezähnt, mit sp.- o. stpf.-winkligen Buchten u. mit bis 1 mm h., 3—5 mm

entf. Enden. Blütenstand ein lockeres Köpfchen: λ var. **Braunii** (Oborny) Bq. (1896).
Mähren.

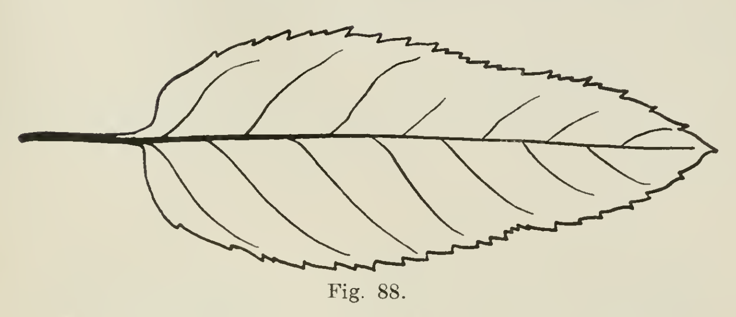


Fig. 88.

M. dumetorum Schult. λ var. *Braunii* (Oborny) Bq. (auth.).

B. B. lztt.

B. mgr. bis gr., in eine lg. Sp. vorgezogen, mit mäß. konv. R., Bas. abger. o. zugeschweift, obsts. f. k., untsts. kurzhaar. o. verkahlend, lg. gest., 50—60—80 × 18—23—35 mm; Z. d. S. rglm., zieml. zahlr., inn. ger., auß. f. ger. o. konk., mit sch., sp. o. zugesp., manchmal sehr niedrigen, 0,2—1 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Terminaler Blütenstand eine unterbrochene kurze Sch.ähre o. ein oblonges Köpfchen. Stg. unten k., nach aufwts. immer dichter- bis filz. beh., Köpfchen zieml. dicht beh.: μ var. **dissimilis** (Des.) Bq.
Ungarn, Niederöst. (samt f. *subacuminata* H. Br. et Waisbecker).

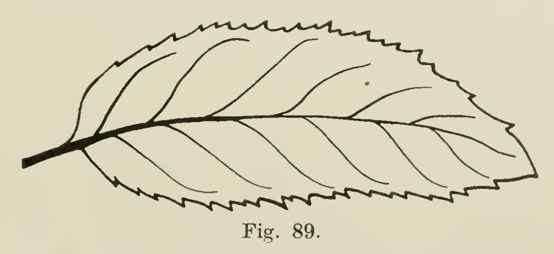


Fig. 89.

M. dumetorum Schult. μ var. *dissimilis* (Dés.).

B. kl. bis mgr., aus runder, konv. Bas. kurz zugesp. o. sp., beidsts. zieml. beh., gest., (30) 40—50 × 18 bis 22 mm; Z. d. S. kl., gedrängt, ungleich, inn. ger., auß. well. o. f. ger., mit vorwts. geneigten, stpfl., 0,4—0,8 mm h., 2—3 mm entf. Enden. Blütenstand eine ± lockere Sch.ähre: ν var. **brachystachya** (Borb.) Top.
Niederöst., Ungarn.

B. kl., sp., mit schwach konv. R., Bas. br., meist. abger., f. sitz. bis sehr kurz gest., beidsts. dicht beh., 20—30 × 5—10 mm; Z. d. S. dünner stehend, sehr wenig

tief, inn. u. auß. f. ger., mit 0,2 mm h., 3—4 mm entf. Enden. Sch.ähren protogynisch, etwas locker, vor der Anthese dicht, bis 4 cm lg. Pfl. niedrig, Stg. einf., im oberen Teile etwas kurzhaar.:

ξ var. **lugusiensis** (H. Br.) Top.

Ungarn.

Hierher auch: B. f. 3 e c k. l z t t., dunkelgrün bis purpurn, ± beh., 40—60×17—20 mm; Z. d. S. zahlr., sch., auß. konk., oft ± doppelt, 1—1,5×1,5—4 mm gr. Sch.ähren lgl. o. etwas verlängert:

var. **melancholica** Bq. (1895).

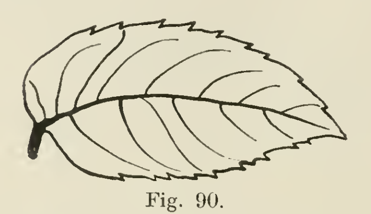


Fig. 90.

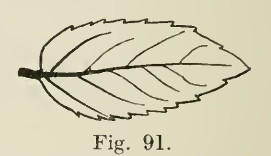


Fig. 91.

Fig. 90. *M. dumetorum* Schult. ν var. *brachystachya* Borb. (auth.).
Fig. 91. *M. dumetorum* Schult. ξ var. *lugusiensis* (H. Br.) Top.

9. M. piperita Huds.

= *M. aquatica* × *viridis* F. Schultz.

„B. immer gestielt. Blütenstand sehr verschieden, eine Scheinähre o. ein Köpfchen mit allen Zwischenformen bildend. Kelche röhrig, mit 10 hervortretenden Nerven, an der Basis kahl. Corolle ohne Nectarostegium" (Bq. 1891).

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. B. lztt. o. lgl.-lztt. o. eif.-lztt., sp. o. zugesp., Bas. verschm. o. abger. Sch.ähren verlängert, aber an f. allen sekundären Achsen ein Köpfchen:

I. B. lztt. o. lgl.-lztt.

B. ± schmal-lztt. o. lgl.-lztt., zugesp., mit schwach konv. R., Bas. verschm., obsts. k., untsts. an den Nerven befl., 50—60—70 (80) × 18—22—25 mm; Z. d. S. ± gedrängt, auß. well. o. f. ger., mit sp., 1—2 mm h., 3—5 mm entf. Enden. Sch.ähren verlängert, locker, Br. u. Kz. bew. Stg. sehr kräftig, k., ästig, Äste geschlängelt: *a* var. **officinalis** Sole.

Oberöst., Niederöst., Böhmen, Frankreich. (Überall kultiviert o. verwildert.) Es gibt auch Pfl. mit zerstreut befl. Stg. u. B.

II. B. br.-lztt. o. eif.-lztt. o. lgl.-lztt. o. ell.

1. Z. d. S. hervortretend, 1—2 mm h.

B. ± br.-ell. o. e i f. - l z t t., zugesp., zur Bas. abger. o. verschm. u. zum B.stiel kurz zugezogen, obere B. mit sehr stark konv. R., e i f. o. e l l.- e i f. 40—50 × 24—28 mm, m i t t l e r e B. mit mäß. konv. R., l g l. - e l l. o. l g l. o. l z t t. - l g l., 60—70 (80) × 26—30 mm, u n t e r s t e B. mit s c h w a c h

konv. R., 80—90 × 26 mm, bis 15 mm lg. gest., obsts. k., untsts. an den Nerv. wenig befl.; Z. d. S. unrglm., kräftig, meist aufr., auß. konk., f. ger. o. well., selten gezähnt, mit sch., sp. o. zugesp., 1—2 mm h., 3—5 mm entf. Enden mit unmerklichen Weichsp. Sch.ähren bis 9 cm lg., locker; Br. bew., Ped. k., Kz. bew. Stg. schwach ästig, kräftig, grün o. etwas purpurn, k. o. f. k., mit 6—7 cm lg. m. Int.: β var. **poicila** Top.

Südtirol, Frankreich (dort auch eine dichter beflaumte u. dicht belaubte Pfl. mit breiteren B.).

Hierher gehören:

B. sehr br.-eif., stpf., oft etwas zugesp., mit sehr konv. R., Bas. abger. bis herzf., beidsts. grün o. purpurn, f. k., 40—50×30—40; Z. d. S. kräftig, ziemlich zahlr., ± unrglm., auß. ger. o. konv., f. alle deutlich gezähnelt, mit sp., ± vorwts. geneigten, 1—2,5 mm gr. Enden. Blütenstand kopfig, f. k.: var. **Beckeri** Bq. (1895).

B. ell., sp., Bas. abger., 60—65×35—40 mm; Z. d. S. unrgml., hervortretend, zieml. viele, auß. well. o. konv., mit sp., weichsp., vorwts. gerichteten, 1—1,2×3—5 mm gr. Enden. Blütenstand auf den primären Achsen eine bis 10 cm lg. Sch.ähre, auf den sekundären ein Köpfchen: var. **Durandoana** Bq. (1896).

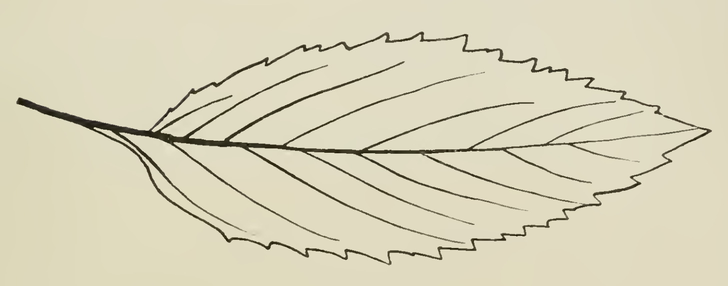


Fig. 92.

M. piperita Hds. β var. *poicila* Top.

2. Z. d. S. wenig hervorragend, bis 1 mm h., kleiner, ähnlich der *M. viridis*.

   A. Blütenstand der primären Achsen eine Sch.ähre.

   B. lgl. o. lgl.-ell., die oberen eif., sp., mit mäß. konv. R., Bas. verschm. o. abgerundet, obsts. f. k., untsts. an den Nerven zerstreut beh., B.stiele bis 15 mm lg., befl., 40—50—60 × 18—22—25 mm; Z. d. S. rglm., dünner stehend, auß. well. u. meist gezähnelt, mit 0,5—1 mm h., 4—8 mm entf. Enden. Sch.ähren verlängert, zieml. dicht, unterste Schw. entf. K. befl., Kz. dicht bew., Ped. dicht beborstet, Stg. äst., befl.: γ var. **pimentum** N. v. E.

Oberöst.

Hierher gehörig: B. eif.-ell. o. ell., sp., Bas. verschm. o. abger., 40—45×20—23 (30) mm; Z. d. S. zahlr., zieml. gedrängt, sch. u. sp., auß. ger. o. well., 1× 2—3 mm gr. Kz. k. (nach H. Br.), bew. (nach Bq.):
var. **inarimensis** (Guß.) H. Br.

B. Blütenstand auf allen Achsen ein Köpfchen.
Sonst fast wie die vorige Var.:
var. **globosiceps** Bq. (1891).

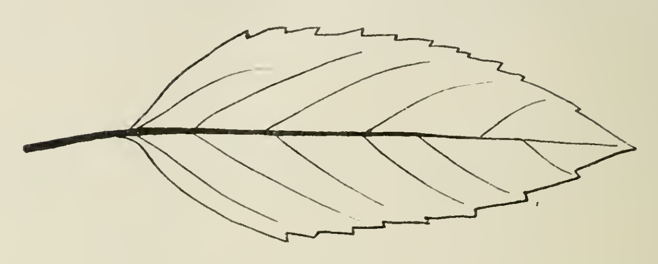


Fig. 93.
M. piperita Hds. γ var. *pimentum* N. E.

B. br.-eif., o. br.-eif.-lgl., stpf., Bas. f. herzf., 30—50 × 25—33 mm. Nerv. 1. u. 2. Ordnung hervortretend, Serr. niedrig. Blütenstand aller Achsen kopfig, Pfl. k., Stg. schwach (*M. adspersa* Mnch.): δ var. **citrata** (Ehrh.) Bq.

Frankreich (dort auch f. *subspicata* F. Hér. mit zerstreut befl. Stg. u. B., bew. Br. u. Kz. u. oblongen, lockeren, bis 6 cm lg. Köpfchen).

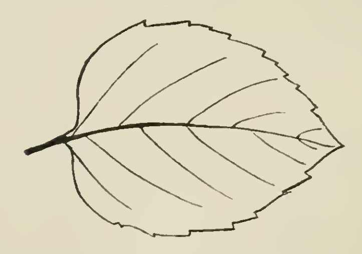


Fig. 94.
M. piperita Hds. δ var. *citrata* (Erh.) f. *rotundella* Top.

f. **rotundella** Top. B. rundlich, mit abgestutzter Bas., 30—35—40 × 23—25 bis 30 mm gr., bis 10 mm lg. gest., beidsts. k. o. untsts. f. k. Blütenstand ein oblonges Köpfchen.
Frankreich (kult.).

B. B. lgl. o. br.-ell., mit geschlitzter Serr. Pfl. k. o. f. k. o. nur spärlich beh. Br. u. Kz. bew.:
ε var. **crispula** Wend.

Deutschland, Frankreich.

10. M. verticillata L. syst.

= *M. sativa* L. sp. pl. = *M. aquatica* × *arvensis*.

B. vom Zuschnitte u. Indument derer der Stammeltern, B.stiele niemals besonders lg., Stiele der Scheinwirtel-Stützblätter sehr kurz o. keine, niemals die Schw. überragend. Blütenstand im allgemeinen achselständig, doch auch zufolge allmählicher Verringerung der obersten Schw.-Internodien u. dadurch bedingter Annäherung der Schw. sowie durch scheinbaren Abschluß der primären Achse mit einem Schw. köpfchenförmig o. verlängert-kopfig (status subspicatus bezw. pseudostachyus). Schw. lockerer als bei *M. arvensis*. Ped. meistens ± dicht beh., seltener verkahlend, niemals kahl. Kelche röhrig o. glockig-röhrig o. trichterig, gestreift, gefurcht, mit 13 Fibrovasalsträngen, auch die 6—8 sekundären Stränge hervortretend, Kz. zugesp. o. pfr.-zugesp., selten sp., oft auf derselben Pfl. verschieden. Antheren taub oder der größte Teil der Pollen nicht keimend. Corolle rot- o. bläulichlila. Ovarien unfruchtbar. Protandrische Blüten äußerst selten, ebenfalls unfruchtbar. Drüsensystem besonders auf den K. ziemlich entwickelt. Vermehrung durch sehr lange, oft ziemlich ästige, beblätterte oberirdische Ausläufer.

1. Anm. H. Braun und nach ihm Sagorski und Oßwald stellen in ihren Werken einen weiteren Bastard der Formel *aquatica* × *arvensis* auf, welcher sich von ihrer *M. verticillata* nur dadurch unterscheidet, daß bei ihm die Hauptachse durch ein Scheinwirtel (stat. subspic. u. pseudost.), bei *M. verticillata* durch ein Blättchenbüschel abgeschlossen ist, daß seine Kelche zylindrisch-trichterförmig o. zyl.-glockig und die Kelchzähne pfriemlich sind, während ihre *M. verticillata* trichterige o. röhrig-glockige, sehr selten glockige Kelche und spitze, pfriemliche Kz. hat. Schon Briquet wendet sich in „Les Labiées des Alpes marit." p. 83 gegen diese H. Braunsche Hybriden-Auffassung: „Die von H. Braun angenommene Klassifizierung, welche von der *M. verticillata* die Formen trennt, die den status pseudostachyus darbieten, um daraus eine zwischen *M. Maximilianea* und seiner *M. nigricans* gestellte Art zu machen, heißt, eine vollständig falsche Vorstellung über die Natur dieser Hybriden und über die Systematik seines ganzen Geschlechts geben." Die Absicht der Autoren Sagorski und Oßwald, die Kreuzung *aquatica* × *arvensis* auf Grund der Kelchform in 2 bezw. 3 Parallelformen zu differenzieren, ist wegen der mancherlei Übergänge der Kelchformen dieser Hybriden einfach undurchführbar.

Wie schwer H. Braun übrigens die Trennung seiner *M. paludosa* von der *M. verticillata* fällt, zeigt die Tatsache, daß er (S. 415) eine var. *plicata* der *paludosa* aufstellt, die außer in dem für die *paludosa* charakteristischen stat. pseudost. auch im stat. bracteosus (mit terminalem Blättchenbüschel) vorkommt, während die Varietäten *rubrohirta*, *pilosa* u. *florida* seiner *M. verticillata* ebenfalls verlängertkopfigen Blütenstand zeigen. Auch Sagorski und Oßwald wissen ihre *M. paludosa* var. *subspicata* von der *M. vert.* var. *rubrohirta* nur durch Varietäten-Differenzialmerkmale auseinander zu halten. Hier im Strudengau (Donautal Grein-Melk), wo die *M. verticillata* sehr verbreitet ist, konnte ich mich zur Genüge überzeugen, daß eine und dieselbe Varietät bald in diesem, bald in jenem Zustand auftritt, und daß sich auf demselben Stocke der stat. pseud. nach dem Abblühen in einen status bracteoso-confertus verwandelt, wobei die terminalen B.büschel zur Entwicklung gelangen.

2. Anm. Das Nichtvorkommen der *M. aquatica* in einem Sammelbezirke schließt das Vorhandensein ihrer Hybride *verticillata* nicht aus, bezw. kann aus diesem Grunde ihre Hybridennatur nicht in Frage gestellt werden. Während der 26 Jahre meines hierortigen Botanisierens habe ich die Erfahrung gemacht, daß die früher verbreitete *M. aquatica* im Aussterben begriffen und von der *M. verticillata* verdrängt worden ist, so sehr, daß unser drei Menthensammler im Vorjahre

trotz vielen Suchens nur zwei *M. aquatica*-Exemplare auffinden konnten. In den oberösterreichischen Alpen kommen *M. aquatica* und *M. verticillata* ebenfalls nur selten nebeneinander vor; in den Grünmooren von Vorderstoder z. B. ist die früher dort vorgekommene *M. aquatica* var. *Ortmanniana* nunmehr durch die var. *elata* der *M. verticillata* vertreten. Auch Dr. Sabransky teilt mir mit, daß er um Söchau während der letzten 15 Jahre nur mehr die *verticillata* gefunden habe. Ähnliches berichtet Dr. Celakovsky (in seinen Resultaten 1889), an welche Mitteilungen er allerdings die Folgerung knüpft, daß *M. verticillata* eine selbständige Art sein müsse. Dagegen wendet sich Briquet in ,,Les Labiées" mit dem Bemerken, daß die Übertragung des Blütenstaubes durch Insekten auf ziemlich große Entfernung vor sich gehen kann. ,,Es genügt folglich, damit eine Hybride erzeugt werde, daß die zwei parentes in der Nachbarschaft wachsen. Außerdem hat man wohl das Recht, aus der Tatsache, daß ein parens oder sogar beide in der Gegend, die man studiert, fehlen, den Schluß zu ziehen, daß die Hybride zur Zeit der Beobachtung isoliert ist, aber man kann nichts weiter daraus folgern. Das Studium hat gezeigt, daß gewisse hybride Formen die legitimen Rassen, denen sie ihre Entstehung verdanken, überwuchern und zum Verschwinden bringen durch eine übertriebene Entwicklung des vegetativen Apparates, insbesondere der Wurzelsprossen. . . . Es müßte also, um jeden Zufall eines Irrtums zu vermeiden, sicher sein, daß der Fundort der Hybride nicht schon vorher von den Eltern eingenommen worden ist. . . ."

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. *Latifoliae*: B. breiteif. o. breitell., Verhältnis der Breite zur Länge nicht größer als 1: 1,5.

I. Z. d. S. hervortretend, sp. u. sch.

B. mgr. bis gr., br.-eif. o. br.-ell., hellgrün, sp., mit sehr konv. R., Bas. abger., in den B.stiel zugezogen, beidsts. zerstreut beh. bis verkahlend, obere B. br.-eif., kurz gest., untere br.-ell. u. 20—25 mm lg. gest.,

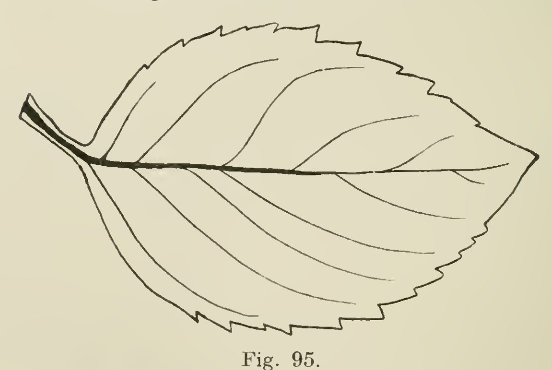


Fig. 95.

M. verticillata L. *a* var. *latissima* Strail.

40—60—70 × 30—40—50 mm; Z. d. S. grob, zieml. rglm., inn. ger., auß. ger., gew. o. schwach konv. mit 1—3 mm h., 2,5—3—7 mm entf. Enden. Ped. u. die r. gl. K. zieml. beh., Kz. zugesp. Pfl. bis 1 m h., im st. v., br.-ax. u. sbr.-ax. Stg. an den Kanten befl. bis verkahlend, mit bis 5 cm lg. m. Int.: *a* var. **latissima** Strail.

(Hierher *M. vert.* var. *laticeps* Bq. exsicc.) Böhmen, Schlesien, Bayern, Frankreich.

f. **convexidentata** Top. B. mit ausschließlich konv. u. entfernter stehenden Z.

Böhmen.

f. **cordibasea** Top. B. vorne stpf. mit Sp., Bas. abgestutzt u. öfters herzförmig, zieml. dicht beh.

Böhmen, Frankreich, Schweden (*M. gothica* Neum.).

f. **fallax** (Op.) Bq. B. stpf., Bas. br., in den B.stiel sehr kurz u. plötzlich herablaufend; Z. d. S. 1,8—3 × 5—9 mm gr. Schw. f. alle gestielt u. zieml. lg. überragend.

(*M. vert.* L. var. *fallax* Bq. (1895), *M. fallax* Op. ap. Pèr., *M. aqu.* var. *latifolia* Wrtg.) Niederöst.

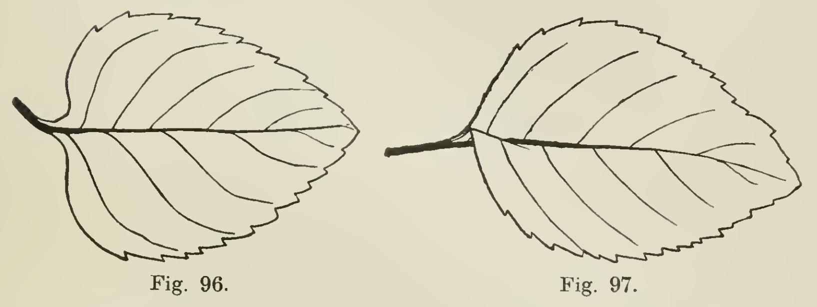


Fig. 96. Fig. 97.

Fig. 96. *M. verticillata* L. *α* var. *latissima* Strail. f. *cordibasea* Top.
Fig. 97. *M. verticillata* L. *β* var. *ilyocola* Top.

B. mgr., br.-eif., selten eif., sp., obere B. plötzlich zugesp., Bas. br. abgerund., dabei oft abgestutzt u. f. herzf. o. k. kurz zugeschweift, beidsts. wenig beh. bis f. k., mäßig lg. (bis 15 mm) gest., 40—50—60 × 28—30—35 mm; Z. d. S. kl. bis mgr., rglm., zahlr., gedrängt, sp. u. sch., mit inn. ger. auß. f. ger. o. konv., hier u. da gezähnten, 0,6—1,4 mm h., 2—3 bis 4 mm entf. Enden. Ped. u. K. ± dicht borstig., K. rglm., Kz. zugesp. o. pfr. zugesp., Pfl. bis 1 m h., oft gerötet, in allen stat. Stg. besonders an den Kanten dicht befl.: *β* var. **ilyocola** Top.

(*M. paludosa* Sole sec. Fl. exs. austro-hung. num. 1756, *M. Beneschiana* Op. sec. H. Br., *M. ballotaefolia* et *plicata* Op. p. pte., *M. vinacea* H. Br. p. pte.) Niederöst., Steiermark, Schlesien, Pommern, Frankreich.

Hierher auch: **M. reversa** Roch. in H. Br. (S. 443) sec. Fl. exs. 1758 (nebst *M. plicata* Op. in Fl. exs. 2654) mit ihren br.-eif., sehr gedrängt gesägten B. zweifelsohne zur *M. verticillata* gehörig u. keine eigene Rasse bildend.

f. **pilosa** (Sprengel) Top. Pfl. dicht beh., im st. br.-cf., sbr.-ax. u. ps. Stg. oben zottig beh. B. br. abger., zieml. dicht beh., untere B. gest., 30—40 × 25 (20)—30 (35) mm. Ped. u. K. dicht zottig beh.

(*M. vert.* var. *romulea* Bq. exs.) Ungarn, Frankreich.

Die von mir eingesehenen Muster des Sprengel haben br.-eif., sp. B., *M. vinacea* H. Br. hat etwas lg. vorgezogene, br.-eif. o. eif.-ell. B. u. die ganze Pfl. ist rot überlaufen.

II. Z. d. S. niederliegend, sp. o. stpfl.

B. mgr., br.-eif., sp., untere B. stpfl., mit sehr konv. R., Bas. br. zuger. o. f. herzf., ± dicht beh., zieml. lg. gest. (obere B. kürzer gest.), 30—40—50 × 12—28—38 mm; Z. d. S. rglm., dünner stehend, inn. ger., auß. f. ger. o. konv., 0,5—1,2 mm h., 4—6 mm entf. Ped. u. K. lg. borstig-, o. zottig beh., Kz. zugesp. Pfl. im stat. v., br.-ax. u. sbr.-ax. Stg. nach oben dicht beh.:

γ var. **calaminthaefolia** (Host.) Top.

Steiermark, Pommern.

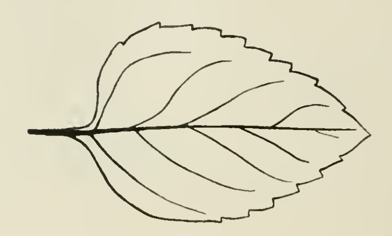


Fig. 98.

M. verticillata L. γ f. *calaminthoides* (H. Br.).

f. **calaminthoides** H. Br. Pfl. dichter u. zottiger beh. B. mgr. o. gr. Ped. u. K. meist. f. zottig beh. Kz. pfr.

Steiermark.

B. mgr., br.-eif. o. eif., ± beh., Z. d. S. vorschieden dicht stehend, auß. schwach konv., Ped. u. K. ± beh., siehe:

η var. **hygrophila** Top.

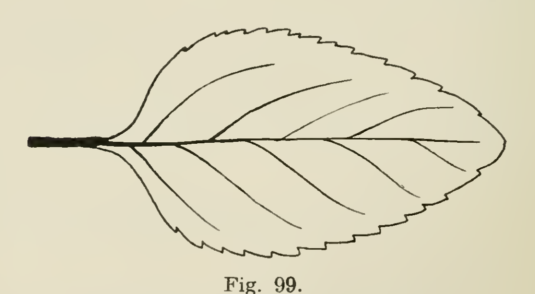


Fig. 99.

M. verticillata L. δ var. *ovatifolia* Top.

B. *Ovatae*: Alle B. eif., seltener einzelne br.-eif. o. verlängert-eif, Verhältnis der Breite zur Länge nicht größer als 1 : 2.

I. Z. d. S. hervortretend, bis u. über 1 mm h.

B. mgr. bis gr., eif., einzelne verlängert-eif. o. br.-eif., aus br. abgerundeter o. kurz zugeschweifter Bas. mit ± mäßig konv. R. zu einem sp. o. zugesp., vorne sp. o. stpfl. Scheitel verlaufend, obsts. f. k., untsts.

bloß an den Nerv. beh., am B.rande bew., untere B.stiele bis 17 mm lg., befl., 40—50—60 (70) × 20 (23)—25 (28)—30 (35) mm; Z. d. S. ziemlich viele, an einzelnen B. gedrängt, mit sp., selten zugesp., inn. ger., auß. schwach konv. o. f. ger., 0,5—1,3 (1,6) × 2—4 mm gr. Enden. Br. k., bew., Cymenstiele lg., dicht beh., Ped. lg., minder dicht beh. bis verkahlend, K. dichter beh., r. gl., Kz. zugesp., Stg. mäßig beh., Pfl. bis 12 dm h. in allen stat.:

δ var. **ovatifolia** Top.

(*M. ovalifolia* Op., ein nicht passender Name, *M. vinacea* H. Br. p. pte.) Die mitunter sehr schön purpurviolette Färbung der Pfl. ist kein bleibender Formcharakter, da es mitten unter den gefärbten Pfl. auch ganz grüne gibt. Diese Varietät ist sehr veränderlich, jeder Standort liefert neue Veränderungen. Niederöst., Oberöst., Böhmen, Pommern. (Im Herbar des Wiener Hofmuseums eine *M. austriaca* Jq. leg. Host.)

Formen mit gedrängter Serratur:

f. **rubro-hirta** (Lej. et Court.) Top. Pfl. dichter bis zottig beh., im st. sbr.-ax., sbr.-cf. u. v., B. kl. bis mgr., eif., sp. o. zugesp., mit zieml. konv. R., Bas. abger., obsts. zieml. dicht beh., untsts. zerstreut beh., 30—40—50 × 15—25—35 mm; Z. d. S. kl., gedrängt, mit sp., auß. f. ger. o. konv., 2—3 mm entf. Enden. Ped. u. K. dicht bis zottig beh., Kz. zugesp. o. pfr. zugesp. Pfl. oft rötlich überlaufen.

Oberöst., Steiermark, Bayern, Schlesien, Frankreich.

f. **pycnodonta** Top. B. mgr., ± zugesp. mit sp. Scheitel, Bas. rund o. herzf., schwach zerstreut beh.; Z. d. S. zahlr., sehr dicht stehend, kl., auß. konv., 0,4—0,8 × 2—3 (4) mm gr. Pfl. in allen stat., ausgenommen st. ps.

(*M. origanoides* Lej. leg. Weihe.) Oberöst., Bayern, Böhmen, Sachsen, Frankreich; aus diesem Lande von sehr vielen Standorten.

Formen mit dünnstehender Serratur:

f. **procera** Top. B. mgr., eif., die Astblätter eif. o. eif.-ell., mit ± mäß. konv. R. (daher die schwankenden Breitenmaße), Bas. abger. o. verschm. beidsts. zerstreut beh. bis verkahlend. B.stiele bis 20 mm lg., 35—45—60 × 20 (23)—25—35 (38) mm; Z. d. S. ± hervortretend o. auch niederliegend, sp., mit inn. f. ger., auß. f. ger. o. mäß. konv. o. gew. o. gezähnelten, 0,5—1,5 × 4 (5) mm gr. Enden mit ± deutlichen Weichsp. B. br.-lztt., k. o. bew., Ped. ± dicht kurzborstig, K. r. gl. o. kurz r. gl., wenig dicht beborstet. Kz. zugesp. o. pfr. zugesp. mit kurzen Wimperborsten. Pfl. bis 7 dm h., in den st. v., sbr.-ax., br.-ax., sbr.-cf. u. fol.-ssp.

Stg. einf. o. mit schwachen Ästen, besonders an den Kanten fl.

(*M. Pekaensis* Op., *M. maculata* et *atrovirens* Host p. pte. sec. specim. auth., *M. vert.* L. var. *Speckmoseriana* Bq. exs. p. pte.) Oberöst., Böhmen, Schlesien, Pommern, Thüringen, Frankreich.

(Die ähnliche *M. motolensis* Op. hat verlängert-eif. B.)

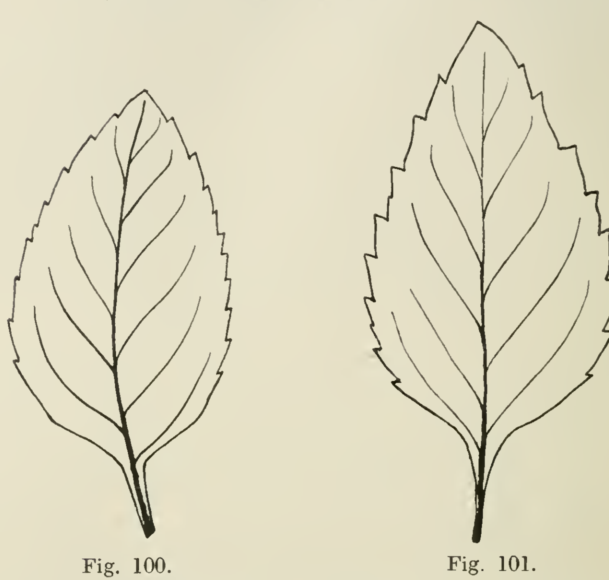


Fig. 100. Fig. 101.

Fig. 100. *M. verticillata* L. ♂ var. *ovatifolia* Top. f. *procera* Top.
Fig. 101. *M. verticillata* L. ♂ var. *ovatifolia* Top. f. *peduncularis* (Bor.).

f. **oligodonta** Top. Pfl. bis 5 dm h., im st. v. Stg. ± beh. B. mgr. bis kl., eif., mit zieml. konv. R., wenig beh.; Z. d. S. der mittl. u. unt. B. gedrängt, der oberen B. grob, der Astblätter dünner u. seltener stehend, 1,8—1,7 × 4—5 mm gr.

Frankreich, Steiermark (protandr.).

f. **peduncularis** (Bor.) Ganze Pfl. ± dicht beh., besonders die Schw. B. eif., seltener br.-eif., mgr. zieml. beh., Z. d. S. der oberen B. zieml. grob, 0,8—1,6 × (4) 5—6 mm gr., der unteren B. gewöhnlich, sp. o stpfl. Schw. mitunter sehr lg. gest., Cymenstiele u. Ped. dicht-borstig, bis zottig beh., K. r. g.., dicht beh. Kz. pfr. Pfl. im st. v. o. sbr.-ax. (*M. galeopsifolia* Op. sec. Dés. non H. Br.).

(*M. galeopsifolia* Op. sec. Dés. non H. Br., *M. melissaefolia* Host p. pte. nach auth. Mustern im Wiener Hofmuseum, von Briquet als var. *ballotaefolia* Op. determiniert.) Oberöst., Salzburg, Böhmen, Pommern, Frankreich.

Anm. H. Braun beschreibt die *M. peduncularis* wesentlich anders als Boreau. Boreau: B. eif., sp., wenig beh., Ped. steifh., K. beborstet, r. gl. — H. Braun: B. br.-eif., am Grunde br. abger., stpfl. o. mit kurzer Sp., Ped. ± dicht beh., K. kürzer, eine Übergangsform zur Gruppe *Campanocalyces*. Die *M. galeopsi-*

folia Op. hat nach H. Braun eif.-ell. o. ell. B., nach Déséglise (*Menthae* Opiz. II, p. 206), der die Originalien des Opiz eingesehen hat, eiförmige Blätter.

f. **longiramula** Top Pfl. bis 4 dm h., im st. sbr.-ax., kräftig, mit lg. aufsteigenden Ästen, ziem l. dicht beh., mit kurzen, 2—3 cm lg. m. Int. B. derb, hellgrün, eif., sp. o. etwas zugesp., obere B. mehr, untere weniger dicht beh., untsts. zerstreut beh., 35—45 × 22—25 (23) mm; Z. d. S. unrglm., sp. o. zugesp., auß. f. ger. o. geschweift o. gezähnelt, 0,5—1 × 4—7 mm gr. Schw. viele, gest., Cymenstiele dicht zottig beh., Ped. zerstreut beborstet, Br. zerstreut kurz beh., bew., K. kurz trichterig-gl., beh. dunkelrot, Kz. sp. o. zugesp. C. schön purpurrot.
Steiermark, Ungarn.

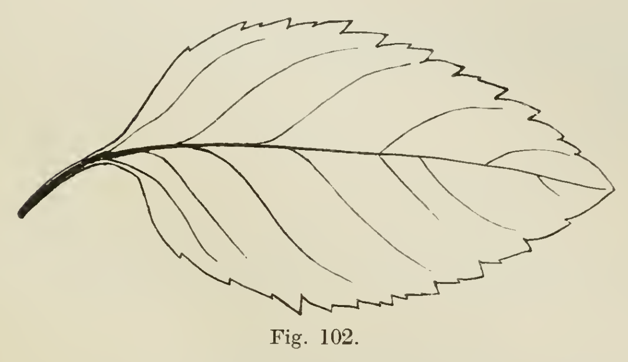


Fig. 102.

M. verticillata L. ε var. *Dorealis* Top.

B. mgr., eif. bis kurz eif., kurz sp., die obersten B. auch kurz zugespitzt, mit zieml. konv. R., Bas. zuger. u. kurz in den B.stiel verschm., obsts. hellgrün, untsts. bleichgrün, Nerv. 1. u. 2. Ordn. hervortretend, beidsts. ± dicht zerstreut beh., B.stiel der unteren B. bis 15 mm lg., befl., der oberen B. kürzer u. zottig beh., 30—50—70 × 20—30—40 mm; Z. d. S. grob, derb, zieml. unrglm., häufig gezähnelt u. dadurch anscheinend gedrängt, mit sp. o. zugesp., inn. ger., auß. gew. o. gezähnten o. f. ger., 1,5—2 mm h., 4—5 mm entf. Enden. Ped. u. K. minder dicht borstig beh., K. r. gl., Kz. ± lg. zugesp. Pfl. bis 12 dm h., minder dicht beh., im st. br.-ssp., sbr.-sp. u. sbr.-ax. Stg. kräftig, einf., in der oberen Hälfte mit kurzen aufsteigenden Ästen: ε var. **Dorealis** Top.
(*M. Speckmoseriana* Bq. exs. p. pte.) Frankreich.

f. **Danubialis** Top. B. mit nicht hervortretenden Nerv., k. o. f. k., B.stiele bis 16 mm lg.; Z. d. S. rglm., viele, gedrängt, minder grob, sp. u. sch., auß.

f. ger., schwach well. o. gezähnelt, 0,6—1,6 × 3—5 mm gr. Pfl. im st. sbr.-cf. Sonst wie die Var.

Oberöst.

f. **ballotaefolia** (Op.) Top. B. beidsts. beh. Z. d. S. zieml. zahlr. u. gedrängt, sp. — der unteren B. stpfl. — auß. f. ger. o. etwas well. o. schwach konv., 0,5—1,6 × 3—5 mm gr. Br. lztt., bew., Ped. u. K. beh.

(Die Originalien im Herbar des Wiener Hofmuseums sind mäßig dicht beh. Pfl., die B. sind wenig beh.) Nur im st. sbr.-ax. beobachtet. (*M. paludosa* Schreb. sec. Host exs.) Oberöst.

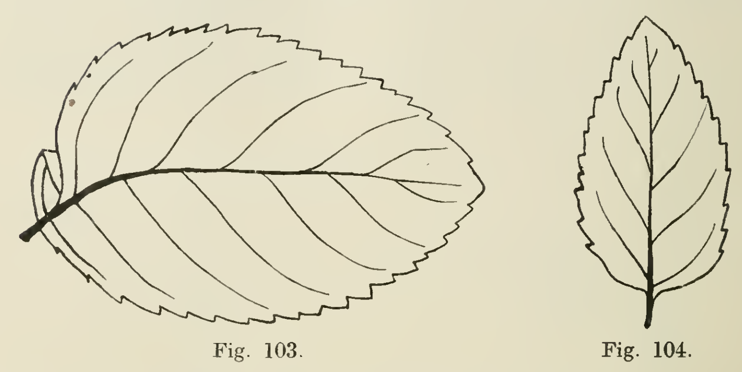


Fig. 103. Fig. 104.

Fig. 103. *M. verticillata* L. ε var. *Dorealis* Top. f. *ballotaefolia* (Op.) Top.
Fig. 104. *M. verticillata* ζ var. *tortuosa* (Host.) Top. (auth.).

II. Z. d. S. niederliegend u. niedrig.

1. B. eif., mit mäß. konv. R.

A. Serr. aller Stengelblätter gedrängt, zieml. viele Z.

B. kl. bis mgr., eif., sp., obere B. zugesp., mit sp. o. stpf. Scheitel, mit mäßig konv. R., Bas. ± abger. o. kurz zugeschweift, untere B. lgr., obere meist. kurz gest., beidsts. kurzh., 25—30—40—50 × 15—16—25 bis 28 mm; Z. d. S. ± unrglm., zahlr., gedrängt, sp. u. sch., inn. ger. o. etwas konk., mit sp. winkligen Buchten u. dadurch den Eindruck des Niederliegenden bietend, auß. schwach konv. o. schw. well. o. f. ger., 0,5—1,2 × 3—4 (5) mm gr. Br. schmal-lztt., ± dicht beh., Kz. zugesp. o. pfr. zugesp. Stg. oben dicht beh., rückwärts borstig, öfters gedreht u. mit ebensolchen Ästen. Pfl. in allen stat.:

ζ var. **tortuosa** (Host. ampl.) Top.

(*M. arguta* Op., sec. spec. auth., *acuteserrata* Op. p. pte., *M. permixta* H. Br., *pleiotricha* Borb., *acutata* H. Br.) Ungarn, Niederöst., Oberöst., Steiermark, Böhmen, Schlesien, Bayern, Frankreich, Schweden.

f. **Motolensis** (Op.) Top., nicht „*Motoliensis*“. B. mit konvexeren R., obsts. zer-

streut beh. bis verkahlend, untsts. an den Nerv. beh. o. verkahlend, 40—50—60 × 23—30—35 mm; Z. d. S. niedrig bis sehr niedrig, stpfl. (oberste B. schärfer gesägt), auß. konv., seltener f. gerade. Pfl. in den st. v., sbr.-ax., sbr.-ssp. u. br.-ax.

(*M. coerulea* Op., *M. origanifolia* et *clinopodiifolia* Host sec. exs.) Niederöst., Oberöst., Mähren, Schlesien, Ungarn.

Anm. H. Braun ordnet, wie bereits S. 179 erwähnt worden ist, die *M. origanifolia* Host als eigene Untergruppe seinen *Campanocalyces* unter, indem er als Unterscheidungsmerkmale angibt: B. beidsts. ziemlich dicht beh., Ped. ± dicht beh., K. gl., zieml. schmal, Kz. sehr sp., öfters f. pfr. Die Beschreibung des Host lautet hingegen: „folia setis exasperata, pedicelli setulis inspersi, calyx tubulosus, calyces dentes acuminati..." Die authentischen Exemplare des Host im Herbar des naturhist. Hofmuseums in Wien zeigen folgende Merkmale: B. zerstreut kurzhaarig, Ped. zerstreut kurzborstig, K. röhrig, gestreift, mit 13 Fibrovasalsträngen, drüsig, Kz. lztt.-zugesp. Diese Pfl. ist also ohne Zweifel eine echte Hybride *arvensis* × *aquatica*.

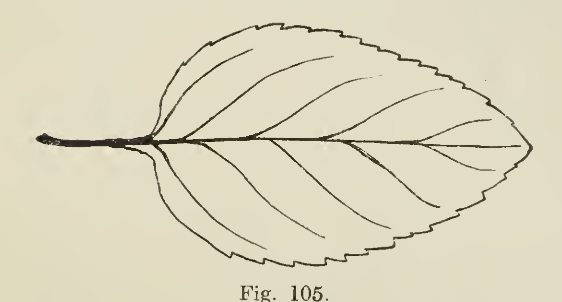


Fig. 105.

M. verticillata L. var. ζ *tortuosa* Host. (auth.) f. *Motolensis* (Op.) Top.

f. **substatenicensis** H. Br. B. zieml. dicht weißh., Br. u. K. zerstreut beh., mit ihrem Grün sich von dem Weiß der zottig beh. Ped. u. Cymenstiele abhebend. Im st. v.

Böhmen.

B. Z. d. S. dünner stehend, siehe δ var. *ovatifolia* Top. f. **procera** u. a.

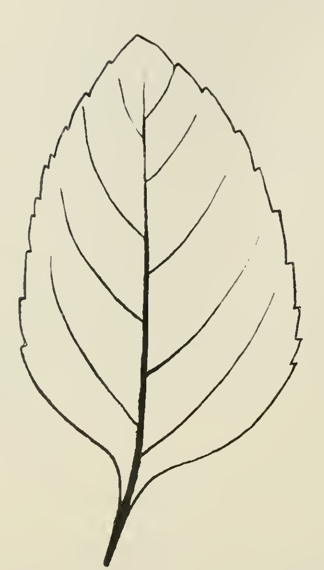
2. B. eif., seltener br.-eif. mit mäß. bis sehr konv. R.

B. mgr., selten gr., eif. bis br.-eif., sp. o. stpfl., mit ± stark konv. R., Bas. br. abger., beidsts. beh. o. zerstreut beh., bew., B.stiele bis 14 mm lg., 30—40—50—60 × 23—27—33—40 mm; Z. d. S. oft auf derselben Pfl. verschieden dicht stehend, rglm., auß. schwach konv., selten ger., sp. o. stpfl., 0,3—0,8 (1) × 3—5 mm gr. Br. wenig beh., Ped. wenig bis dichter beh., K. r. gl., dicht beh., Kz. zugesp. bis pfr. Pfl. zieml. kräftig, 1 m

h. werdend, in allen stat. Stg. sehr ästig, ± mäßig befl., mit 3—4 cm lg. m. Int.:

η var. **hygrophila Top.**

(*M. parviflora* Schultz p. pte., *M. peduncularis* Auct. non Bor.) Oberöst., Böhmen.



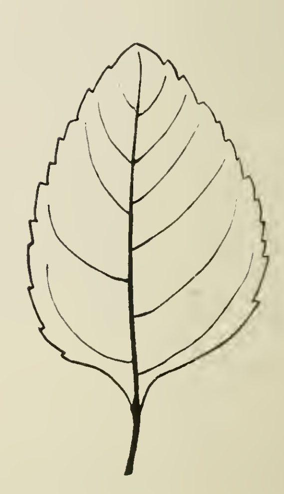


Fig. 106.

M. verticillata L. η var. *hygrophila* Top.

f. **micranthera** Top. B. dicht lg.-borstig beh., meist. br.-eif., Astblätter ell.- bis br.-ell.; Serr. sp. o. stpfl., gedrängt. Blüten kl., nur 3,5 mm lg.; K. lg. borstig beh., 2 mm lg. Pfl. im st. v.

Frankreich (aus sehr vielen Standorten).

f. **Loiana** Top. B. freudiggrün, schmaler als die der Var., 40—60—70 × 20—35—40 mm; Z. d. S. dünner stehend, mit inn. f. ger. o. schw. konk., auß. ger. o. f. ger., stpfl., 0,6—1 mm h., 3—7 mm entf. Enden. Schw. wenige, weißborstig. K. kurz r. gl. o. trichterf. (wegen unfruchtbarer u. reduzierter Ovarien), Kz. zugesp. o. pfr. Pfl. im st. v., sbr.-cf. u. ps.

Niederöst., Steiermark, Kärnten (f. *pleiotricha* Borb.).

C. *Intermediae*: B. im allgemeinen verlängert-eif. Verhältnis der Breite zur Länge wie 1 : 2 u. darüber (mindest zweimal länger als breit), daneben oft untere Stengelblätter von ovalem Zuschnitte).

I. Z. d. S. kl. bis mgr.

B. mgr., eif.-lztt., untere B. lgl. o. lztt.-lgl., obere B. eif., zugesp., mit minder konv. R.,

Bas. ± kurz verschm., die oberen B. u. die Astblätter mit abger. Bas., gest., beidsts. zieml. dicht beh. u. bew., 30—40— (45) 50—60 × 15—20—23 (26)—26 mm; Z. d. S. rglm., viele, gedrängt, sp., sch., mit inn. ger., auß. f. ger., selten well., 0,5—0,8 (1) mm h., (2) 3—4 mm entf. Enden. Schw. zahlr. Ped. beh., K. rglm., ± dicht beh., Kz. zugesp., o. pfr. zugesp. Stg. einf. o. äst., ± dicht beh., mit 2,5—5 cm lg. m. Int. Pfl. in allen stat., pseud. ausgenommen: ϑ var. **serotina** (Host ampl.) Top.

(*M. paludosa* S. var. *serotina* [Host] H. Br., *M. atrovirens* *Auct. plur.* non Host, *M. nitida* [atque *nitens*] Host exs. auth.) Ungarn, Oberöst., Salzburg, Böhmen, Bayern, Frankreich.

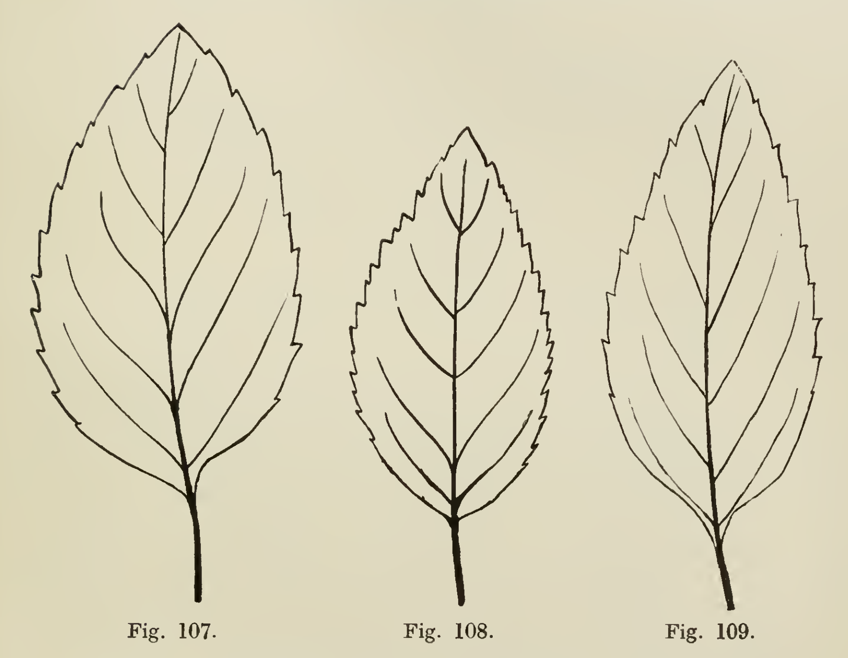


Fig. 107. Fig. 108. Fig. 109.

Fig. 107. *M. verticillata* L. η var. *hygrophila* Top. f. *Loiana* Top.
Fig. 108. *M. verticillata* L. ϑ var. *serotina* (Host.) Top. (auth.).
Fig. 109. *M. verticillata* L. ϑ var. *serotina* Host. f. *raridens* Top.

f. **raridens** Top. B. sp. o. stpfl., obsts. zerstreut beh. o. verkahlend, untsts. nur an den Nerv. beh.; Z. d. S. dünnstehend, sp., mit auß. f. ger. o. schwach well. o. wenig konk., weichsp., 0,5—1,3 × 4—7 mm gr. Enden. Stg. einf., an den Kanten mäßig befl. Pfl. im st. sbr.-ax.

Oberöst., Frankreich.

f. **trichomischos** Top. Pfl. dicht beh., im st. br.-ax. u. sbr.-ax. Stg. schwach, ästig, zottig beh. B. beidsts. dicht lg.-haar., bew., mit lg., dicht

zottig beh. B.stielen, Schw. dicht bis zottig beh., nur die Br. f. k. u. bew. Kz. zugesp. bis pfr.-zugesp.

Oberöst., Frankreich.

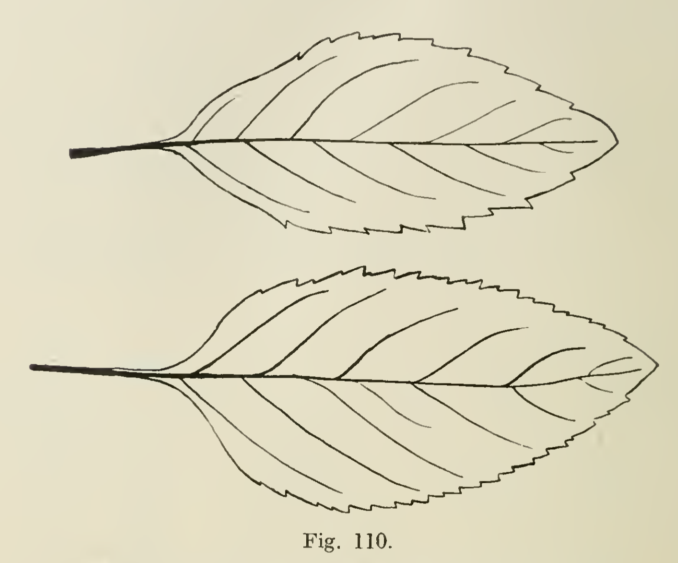


Fig. 110.

M. verticillata L. ι var. *Prachinensis* (Op.) H. Br.

B. mgr. bis gr., untere B. eilgl.-ell., die oberen verlängert-eif. o. ell.-eif., die obersten nur verlängert eif. o. eif., mit zieml. konv. R., die unteren B. mit kurzkeilförmig in den B.stiel zugezogener Bas., die oberen B. mit kurz verschm. o. abger. Bas., beidsts. zerstreut beh. bis verkahlend, B.stiele der unteren B. bis 20 mm lg., nach oben immer kürzer werdend, 30—50—70—80 × 16—23—30—35—40 mm; Z. d. S. unrglm., ± zahlr. u. ± gedrängt o. grob u. dünner stehend, mit sp. o. zugesp., seltener niedrigen u. stpfl., inn. f. ger. o. konk., auß. gew. o. f. ger. o. gezähnten (in diesem Falle ist die Serr. scheinbar sehr gedrängt), 0,3—1 (1,5) mm h., 3—5 mm entf. Enden. Pedunkeln u. Ped. beh. bis f. k., K. r. gl., wenig dicht kurzhaar., Kz. sp. o. zugesp. Pfl. bis 1 m h., protogynisch u. protandrisch, in allen stat., ps. ausgenommen Stg. kräftig o. sehr kräftig, meist einf., an den Kanten ± beh., mit 4—6 cm lg. m. Int.:

ι var. **Prachinensis** (Op.) H. Br.

Oberöst., Niederöst., Salzburg, Steiermark, Böhmen, Schlesien, Frankreich.

Anm. Der Name *Prachinensis*, der von seinem Autor Opiz im Seznam ohne alle Beschreibung erwähnt ist, von Déséglise aber auf Grund der von ihm eingesehenen Opizschen Originalexemplare nebst vielen anderen Menthen dieses Autors in seiner Schrift

„Menthae Opizianae I—III" erklärt worden ist, würde besser ganz entfallen, da auch die Beschreibung des Déséglise nicht deutlich genug ist. Doch wurde diese Beschreibung durch H. Braun (S. 439) so weit ergänzt, daß man nunmehr in der Lage ist, diese Pflanze zu erkennen. Sehr richtig schreibt übrigens J. Briquet (1891, p. 68) über den Wert der Menthennamen des Opiz: „Opiz verdient weniger als andere, daß man über seine Namen ohne Beschreibungen Rechenschaft gibt. Denn seine Arbeiten haben nur die Systematik der Gattung Mentha verwirrt, indem sie manchmal sehr unnütz die Synonymie vermehrten. Man würde vielleicht besser tun, ... jene Arten vollkommen zu vergessen, welche dieser Autor zu veröffentlichen unterlassen hat oder von welchen er nur die Namen gegeben hat. Die Wissenschaft würde dadurch nichts verloren haben und der Monograph, welcher genötigt ist, seine kostbare Zeit zu verlieren, um eine solche Art zu erklären, würde dafür sehr dankbar sein."

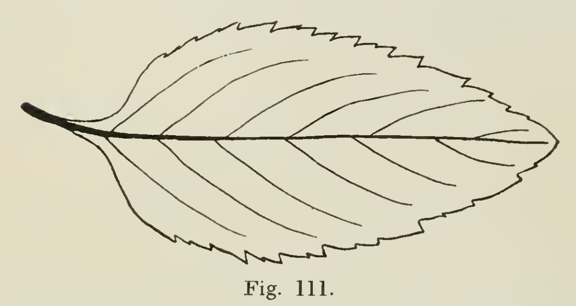


Fig. 111.

M. verticillata L. ϰ var. *Jahniana* Top. f. *elaia* Top.

II. Z. d. S. ± groß.

1. Z. d. S. ± zahlr., ± gedrängt.

B. mgr. bis gr., untere eif.-ell. o. ell., mittlere u. obere verlängert-eif., die obersten mit zugerund. Bas. eif., sp. o. stpfl., mit ± konv. R., zum langen B.stiele zugeschweift, beidsts. fein zerstreut beh. o. verkahlend, untsts. nur an den Nerv. beh., 40—50—60—70—80 × 22—28 bis 30 (34)—35 (40)—38 (40) mm; Z. d. S. grob, unrglm., zieml. gedrängt u. zahlr., mit sp. o. stpfl., inn. ger., auß. schwach well., gezähnten o. schwach konv., selten f. ger., weichsp., 0,6—1,8 × (3) 4—5 (6) mm gr. Enden mit sp.- bis schiefwinkligen Buchten. Schw. gr., lg. gest., Br. br.-lztt., k., zott. bew., Cymenstiele lg., beh., Ped. kurzborstig o. verkahlend, K. r. gl. weiß beborstet, Grund u. die zugesp. Kz. bew. Stg. kräftig, besonders an den Kanten beh. Pfl. bis 1 m h., im st. v. o. br.-ax.: ϰ var. **Jahniana** Top.

Oberöst., Niederöst., Mähren, Ungarn. (*M. origanoides* L. et C. teste H. Braun. Diese mährischen Pfl. haben schwächliche Stg., dünne B., auß. well. o. gezähnte, stpfl. Serr.-Zähne, weißborstige Ped. u. K. u. kurz r. gl. K. Das auth. Muster der *M. origanoides* Lej. hat aber die Eigenschaften der oben beschriebenen f. *pycnodonta*.)

f. **elaia** Top. B. mgr.; Z. d. S. auß. gew. mit weichsp. Spitzen, Buchten spitzwinklig. Br. lgl., k. o. wenig beh., bew. Ped. beh. o. f. k., K. kurz r. gl., Kz. zugesp. Blüt. protogynisch, aber auch protandrische auf derselben Pfl.; im st. sbr.-ax.
Niederöst., Oberöst., Böhmen.

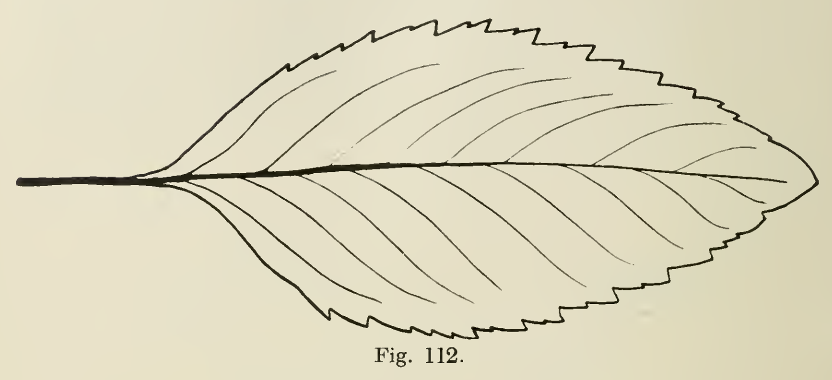


Fig. 112.

M. verticillata L. λ var. *hylodes* Top.

D. *Angustibaseae*: Alle o. die meisten B. mit (unter einem sp. o. rechten Winkel) verschmälerter Basis, von ovalem Zuschnitte, und zwar entweder alle B. eilgl.-ell., schmalbasig, o. nur die unteren u. mittleren Stg.blätter von ovalem Zuschnitte, die gipfelständigen Stgb. sowie die Astblätter hingegen eif.

I. B. mgr. bis gr.

B. gr., dünn, ell. o. br.-ell., oberste verlängert-eif., sp. o. stpfl., mit ± mäß. konv. R., Bas. kurz verschm., obsts. k., untsts. an den Nerv. spärlich beh., B.stiele bis 28 mm lg., 65 (70)—80—90—100—110 × 38—43 (48)—50 (53)—52 (55)—58 (60) mm; Z. d. S. rglm., grob, zahlr., gedrängt, hervortretend, mit sp., auß. schwach konv. o. gezähnelten 0,8—1,7 (2) mm h., 4—5 (6) mm entf. Enden. Schw. gestielt, Br. lztt. zugesp., k. bew., Ped. wenig kurzborstig o. zerstreut beborstet; K. r. gl., schwach beh., Grund u. die zugesp. Kz. bew. Stg. einf., mit bis 1 dm lg. m. Int., bis 12 dm h. Blüt. protogynisch, auf einzelnen Exemplaren auch protandrische; im st. v. u. sbr.-ax.: λ var. **hylodes** Top.
Oberöst.

f. **prodonta** Top. B. mgr. bis gr., lgl.-ell. o. eif.-ell., sp. o. zugesp., mit ± mäßig konv. R., ± zerstreut beh. bis verkahlend, B.stiele wenig befl., 40—60—70 × 20—28 (30)—32 (40) mm; Z. d. S. unrglm., dünner stehend, mit auß. well. o. f. ger. o. gezähnelten, sp. o. zugesp., 1—2,5 ×

5—10 mm gr. Enden. Schw. gr., Ped. lg., ± kurzborstig, K. r. gl., kurz beborstet, Kz. zugesp. o. pfr. zugesp. Pfl. bis 13 dm h., in den st. v., br.-sp. u. sbr.-ax. Stg. kräftig, reichästig.

(*M. grossiserrata* Top. olim p. pte.) Niederöst., Oberöst., Frankreich.

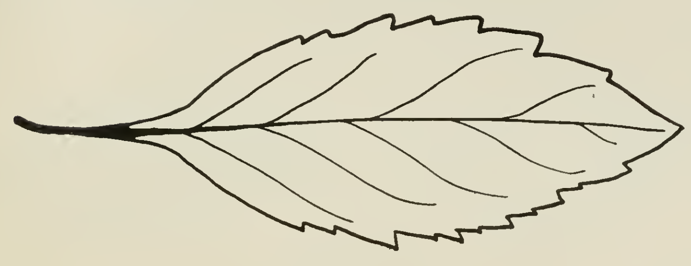


Fig. 113.

M. verticillata L. λ var. *hylodes* Top. f. *prodonta* Top.

f. **pycnophyllodes** Top. B. mgr., ell., die unteren eif.-ell., sp., mit sehr konv. R., an der Bas. zu einem rechten Winkel verschm., 30—40—50 bis 55 × 20—23—30—38 mm, alle ansehnlich gest., beidsts. zerstreut beh., untsts. Nerv. 1. u. 2. Ordnung hervortretend. Z. d. S. wie die der Var., aber auß. well. o. konv., mit 0,2 mm lg. Weichsp., 0,6—1,5 (1,7) × 3—5 (6) mm gr. Enden. Ped. ± dicht kurzhaar., K. kurz r. gl. o. f. gl., dicht kurzborstig, Kz. sp. bis zugesp. Stg. kräftig, einf. o. sehr veräst., reichbeblättert (wegen der kurzen Internodien), unten befl., oben dicht beh. Pfl. bis 6 dm h., in allen st. außer ps.

Frankreich.

B. mgr. bis gr., eilgl., Astb. ell., weich dünn sp., mit mäß. konv. R., Bas. ± lg. verschmäl., beidsts. zerstreut beh., bew., B.stiele weißhaar., so lg. als die lg.gestielten Schw., untere Nerv. wenig deutlich, 40—50—60—65 (70)—80 × 20—22 (25)—28 (30) bis 33 mm; Z. d. S. rglm., niederliegend, ± zahlr., gedrängt, der unteren u. mittleren B. meist zieml. zahlr., der oberen u. der Astblätter dünner stehend, mit inn. ger., auß. f. ger. o. schwach konv. o. etwas gew., 0,6—0,8 (1,2) mm h., 3—4 (5) mm entf. Enden. Schw. gr., lg. gest., Pedunkeln u. Ped. zott. beh. o. verkahlend, nach dem Blühen auch wohl k., Br. br.-lztt., f. k., zott. bew., Bracteolen oben deutlich, pfr.; K. kurz gl., kurzhaar., Grund u. die zugesp. Kz. zott. bew. Stg. zieml. dicht beh., bis 6 dm h., mit 4—5 cm lg. m. Int. Pfl. kräftig, im st. v. u. sbr.-ax.: μ var. **Juvaviana** Top.

(*M. rubescens* H. Br. et Top. olim ist nur eine kahlere, rötliche Form.) Niederöst., Salzburg.

f. **Austiana** H. Br. Obere B. schmal-lgl., obsts. mehr, untsts. weniger zerstreut beh., B.stiele weißhaar.; Z. d. S. stpfl., auß. mäß. konv. selten f. ger. o. gezähnelt, Kz. pfr., bew. Stg. unten weniger, oben dichter fl. Pfl. im st. br.-ax. u. sbr.-ax.
Niederöst.

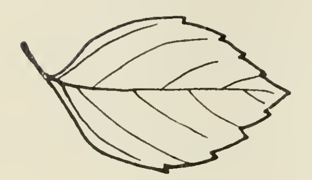
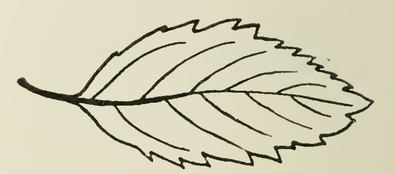



Fig. 114.

M. verticillata L. ν var. *permanens* Top.

II. B. kl. bis mgr.

1. Z. d. S. grob, ± hervortretend.

B. mgr., unt. B. ell., obere lgl.-lztt. o. verlängert-eif., oberste schmal-lgl.-lztt., plötzlich o. allmählich zugesp., Bas. ebenso verschmälert, mit ± konv. R., alle ± lg. gest., beidsts. lg.-borstlich beh., obere B. dichter beh., 40—50—60—70 × 18—25 bis 30 (25)—35 (30) mm; Z. d. S. grob, zieml. rglm. doch ungleich gr., mit inn. ger., auß. f. ger. o. schwach konv., sp. o. zugesp., 0,8—1,8 mm h., (3) 4—5 (7) mm entf. Enden mit sp.-, recht selten stpf.-winkligen Buchten. Ped. u. die r. gl. K. dicht beh., Kz. zugesp. Pfl. schwach o. wenig kräftig, im st. v. u. sbr.-ax. Stg. bis 5 dm h., aufr. o. gebogen, an den Kanten befl., im oberen Teile u. an den Ästen dicht beh.:

ν var. **permanens** Top.

Oberöst., Böhmen (ein lästiges Ackerunkraut), Frankreich.

f. **Rothii** (N. v. E.) Top. B. obsts. wenig beh., untsts. an den Nerv. beh.; Z. d. S. rglm., dünner stehend, inn. ger. o. durch die nach vorne geneigte Weichsp. scheinbar konk., auß. schwach well. o. f. ger., 0,8—1,7 × 4—5 (6) mm gr. Ped. beh., K. r. gl. (H. Br. S. 432 „röhrenförmig-zylindrisch"), Kz. zugesp. Stg. zerstreut beh. Pfl. im st. sbr.-ax. Nach Originalien im Wiener Hofmuseum.

2. Z. d. S. gewöhnlich, ± niederliegend.

B. kl. bis mgr., ell. o. eif.-ell., oberste B. u. Astblätter auch eif., sp., untere B. stpfl., mit mäß. konv. R., Bas. kurz, jedoch

recht- o. sp.-winklig verschm., nur einzelne B. etwas abger., 30—40—50 × 16—20—26 mm, ansehnlich gest., beidsts. kurzbeh., obere B. stärker beh.; Z. d. S. ± gedrängt, meist. niedrig, mit sp. o. stpfl., inn. f. ger., auß. etwas konv. o. f. ger., 0,4—0,8 (1) × 2—4 mm gr. Enden. Ped. beh., K. r. o. r. gl., beh., Kz. sp. bis zugesp. Pfl. bis 7 dm h., in den st. v., sbr.-cf. u. sbr.-ax. Stg. einf. o. sehr äst., beh., besonders stark an den Kanten (Host in Fl. austr. II p. 145 „staminibus exsertis", seine Exsikkaten sind jedoch protogynisch):

ξ var. **elata** (Host) H. Br. emend.

(*M. vert.* var. *hirtipes* Borb., var. *denticuliformis* Bq.) Oberöst., Böhmen, Mähren, Westfalen, Frankreich.

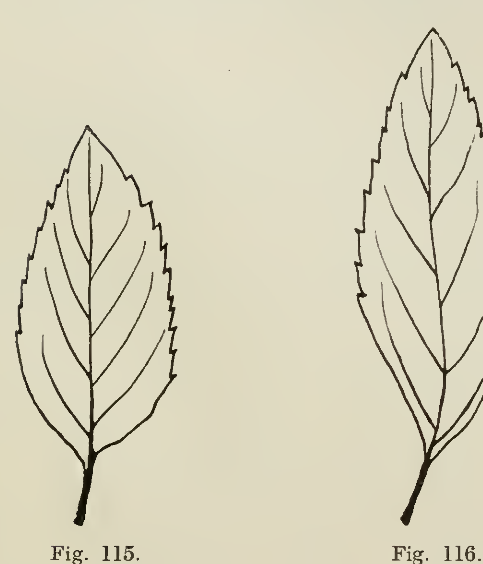


Fig. 115. Fig. 116.

Fig. 115. *M. verticillata* L. ξ var. *elata* Host. H. Br. (auth.).
Fig. 116. *M. verticillata* L. ο var. *montana* (Host.) H. Br.

f. **spaniodonta** Top. Pfl. k. o. f. k., im st. v. sbr.-ax. u. br.-ax.; Z. d. S. dünner gestellt, 0,4—1 × 3—5 (6) mm gr. (*M. glabra* Top. olim p. pte.). Oberöst., Bayern, Pommern, Frankreich.

f. **rivularis** Top. Pfl. zottig beh.; Z. d. S. dünner stehend, niedrig, mit feinen, aufgesetzten Weichsp., Kz. pfr. Im st. v. u. br.-ax. Oberöst., Bayern, Frankreich. H. Braun beschreibt S. 437 auch eine „*rivularis* Sole Menth. britt. p. 46", die es aber nicht gibt; p. 45 und 46 wird dort vielmehr eine „*M. rivalis*" beschrieben und abgebildet, welche H. Braun S. 477 zu den *Nobiles* gereiht hat.

B. mgr., hellgrün, lgl.-ell. o. lgl.-lztt., die oberen verlängert-eif., zugesp., mit

± schwach konv. R., Bas. + lg. verschm., seltener kurz zuger., beidsts. dicht zerstreut beh., B.stiele lg., obere so lg. o. länger als ihre Schw., 30—40—50—60 × 13—18—25—23 mm; Z. d. S. ± o. wellig zahlr. u. gedrängt, sp., mit inn. ger., auß. ger., schw. konv., selten well., 0,5—0,8 (1) mm h., (2) 3—5 mm entf. Enden. Pfl. im st. v. u. sbr.-ax., bis 6 dm h. Stg. schwächlich, aufr., einf., etwas schlänglich, schwach befl., Schw. gr., dicht kurzborstig beh., K. r. gl., Kz. zugesp. (pfr. sec. H. Br. nicht beobachtet):

o var. **montana** (Host) H. Br.

(*M. viridula* Host, *M. vert.* var. *frequentidens* Bq.) Steiermark, Schlesien, Salzburg, Mähren (leg. Oborny und als *M. palustris* „Schreb." ausgegeben), Ungarn.

Von den Varietäten der nun folgenden vier *Arvensis*-Kreuzungen sind mir diejenigen, welche der pontischen Flora angehören, nur von einzelnen Standorten bekannt[1]). Es finden sich von ihnen teils bei H. Braun (S. 472 ff.), teils bei Briquet (1891, 1895, 1896) gute Beschreibungen.

H. Braun vereinigt alle Minzen mit axillaren Blütenständen, glockigen oder röhrig-glockigen Kelchen, spitzen Kelchzähnen innen kahlen Corollen und intensiven Zitronen- oder Bergamottengeruch zu einer Gruppe *Nobiles*, die er dann rücksichtlich ihrer Behaarung und der Blattserratur in 17 Arten (Rassen) mit 30 Varietäten und Formen teilt. Sie alle gehören nach der S. 7 u. 8 seines Werkes aufgestellten Tabelle etwa einem Dutzend verschiedenen Hybridenformeln an.

Ich folge in dieser Schrift der Briquetschen Systematik, welche eine dreifache Kreuzung der *M. arvensis* mit den heimischen Spicastreen und einen Tripelbastard *M. verticillata* × *M. viridis* aufstellt.

K. am Grunde k., gl.; Ped. k. o. f. k. (*arvensis* × *viridis*) *M. gentilis* L.

Ebenso, aber K. trichterig-röhrig (*arvensis* × *aquatica* × *viridis*) *M. rubra* Sm.

K. beh., gl., Ped. beh. o. f. k., Haare gewöhnlich, Nerv. einf. (*arvensis* × *longifolia*) *M. dalmatica* Tausch.

K. u. Ped. ebenso, Haare einf. o. ± breitzellig u. kraus (*arvensis* × *rotundifolia*) *M. carinthiaca* Host.

Die genauere Beschreibung dieser Hybriden befindet sich auf der Hybridentafel S. 142.

Die folgenden vier synoptischen Tafeln dienen nur einer vorläufigen Einteilung der Varietäten und Formen.

---

[1]) Seitdem erhielt ich von mehreren Seiten weitere Exsikkaten, so daß ich später in der Lage sein werde, über das Gebiet dieser Hybriden ausführlichere Beiträge darzubieten.

11. M. gentilis L.

= *M. arvensis* × *viridis* F. Schultz.

A. Serr. bestehend aus 3eck. Z. u. unrglm. Anhängseln o. nur aus solchen Anhängseln.

B. sehr br.-eif., oft lg. zugesp., mit sehr konv. R., Bas. herzf., f. sitz., grün, verkahlend o. wenig beh., 30—40 bis 50 × 20—30—40 mm; Serr. bestehend aus zahlr., sehr unrglm., verschiedengestaltigen, aufr., well. o. gedrehten, 1—6 mm h. Anhängseln. Ped. k., K. gl., 10 streifig, darunter 5 Stränge deutlich, am Grunde k., drüsig, Kz. lztt., mit lg. weißen Haaren bew. Stg. schwach, mit 2—3 cm lg. m. Int. Pfl. sehr verästelt, im st. br.-ax.: *α* var. **ciliata** (Op.) Bq. (1896).

Böhmen, kult.

B. br.-eif., ± sp., niemals lg. zugesp. mit sehr konv. R., Bas. br. abger., f. sitzend o. sehr kurz gest., obsts. dunkelgrün, untsts. bleichgrün, oft purpurn, nicht selten gefaltet, verkahlend, 25—30 × 15—20 mm; Serr. bestehend aus unrglm., zahlr., gedrängten, oft well. o. gedrehten, aus br. Grunde verschmäl. zugesp., ca. 2 mm h., 2—3 mm entf. Z. o. Anhängseln. Ped. f. k., K. verlängert-gl. mit k. Grunde, Kz. lztt., bew., C. beidsts. k., Stg. minder kräftig. Pfl. im st. br.-ax.: *β* var. **dentata** (Mnch.) Bq. (1896).

Niederöst., kult.

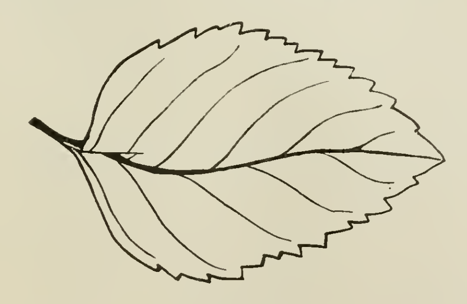


Fig. 117.

M. gentilis L. *γ* var. *stricta* (Beck.) Top. (auth.).

B. Serr. bestehend aus 3eck. Z.

I. B. br.-eif. o. br.-eif.-ell. (Breite zur Länge wie 1 : 1,5).

B. br.-eif., mgr., sp., mit sehr konv. R., Bas. br. abger., öfters auch herzförmig, beidsts. zerstreut beh., bis 10 mm lg. gest., 20—40—50—60 × 15—30—35 bis 40 mm; Z. d. S. kräftig, rglm., viele, gedrängt, mit sp., inn. ger., auß. ± stark konv., 1—1,8 × 3—4 mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k., K. r. gl., beh., an der Bas. k., Kz. pfr., mit ± lg. weißen Haaren bew., C. beidsts. k., Pfl. im st. br.-ax. u. sbr.-ax. Stg. meist. einf., mit 5—7 cm lg. m. Int.: *γ* var. **stricta** (Beck.) Top.

(*M. Wirtgeniana* F. Schtz. p. pte., *M. odorata* Sole.) Rheinpreußen, Ungarn.

Hierher gehört: B. br.-eif. o. br.-ell.-eif., mgr., sp., mit sehr konv. R., Bas. abger., in den 4—10 mm lg. B.stiel ausgezogen, grün, verkahlend, 30—40×20—25 mm; Z. d. S. kräftig, zahlr., gedrängt, mit sp., vorwts. geneigten, 1—1,5×2—4 mm gr., inn. ger., auß. konv. o. höckerigen Enden. Ped. f. k., K. gl., fl., Grund k., Kz. lztt., bew. C. beidsts. k. (*M. Crepiniana* Dur., *M. Postelbergensis* Op.): var. **vesana** Lej.

B. + br.-eif.-ell., kl. bis mgr., dünn, ± sp., mit sehr konv. R., Bas. abger., in den 8 mm lg. Stiel ausgezogen, beidsts. grün, obsts. zerstr. fl., untsts. besonders an den Nerv. beh., 20—30—40 (50) × 8—12 bis 20—30 mm; Z. d. S. kl., zahlr., gedr., mit sp., inn. ger., auß. etwas konv., o. f. ger. 0,2—1 × 1 bis 2—3 mm gr. Enden. Ped. f. k., K. gl., beh., Grund k., Kz. sp. o. kurz zugesp., selten pfr., mit lg. weißen Haaren bew. C. beidsts. k., Pfl. im st. v. u. sbr.-ax.: δ var. **Agardhiana** (Fries) H. Br.

Schweden.

Hierher: B. br.-eif., stpf., mit sehr konv. R., Bas. br.-abger., auch herzf., f. sitz., obsts. dunkelgrün, f. k., untsts. bleichgrün, nur die Nerv. beh., 35—80×20—45 mm; Z. d. S. kräftig, dünner stehend, wenig rglm., mit sp., seltener stpfl., inn. f. ger., auß. ± konv., 1—2×3—8 mm gr. Enden. Ped. k., K. gl. mit k. Grunde, Kz. lztt., wenig bew. C. beidsts. k. Stg. sehr kräftig. (*M. pratensis* Sole sec. H. Br. S. 471): var. **Pugeti** (Pér.) Bq. (1896).

Anm. *M. gentilis* L. var. *Pugeti* (Pér.) Bq. = *M. pratensis* Sole + *M. Pugeti* Pér. „Pérard, welcher die wahre *M. pratensis* Sole weder kannte, noch die sehr gute Abbildung des Sole sah, schloß unter dem Namen *M. Pugeti* sowohl die Pflanze des Sole als auch die hier unter dem Namen *Pugeti* beschriebene Varietät ein. Die var. *pratensis* unterscheidet sich, wie aus der Abbildung des Sole erhellt, von der var. *Pugeti* besonders durch die zahlreichen, gedrängten, ziemlich regelmäßigen, nicht abstehenden Zähne der Blatt-Serratur." (Briquet, Fragmente Lab. IV 1896.) Weitere Unterschiede liegen auch in der Blattform und im Zuschnitte der Serraturzähne.

II. B. ell.-lgl., lgl., lgl.-lztt. o. lztt., zweimal länger als breit.

1. B. kahl o. fast kahl.

A. Z. d. S. ± genähert.

B. eif., seltener eif.-ell., sp. o. zugesp., mit zieml. konv. R., Bas. verschm. (obere B. u. Astblätter öfters lgl. o. lztt. u. etwas haar.); beidsts. f. k., 30—40—50—60—70 × 18—25—30—33—35 (38) mm; B.stiel spärlich rauhhaarig, bis 10 mm lg; Z. d. S. ± gedrängt o. dünner stehend, grob, ± unrglm., mit sp. o. zugesp. u. sch., winzig weichsp., inn. ger. o. etwas konk., auß. well. o. konv., 1,5—3 × 3—6 mm gr. Enden. Ped. k., K. gl., fl., mit 13 Nerv., wovon nur die 5 primären hervortretend, mit k. Grunde; Kz. zugesp. o. pfr.-zugesp. Stg. kräftig, sehr ästig. Pfl. bis 1 m h., im st. v. u. sbr.-ax.: ε var. **resinosa** (Op.) Top.

Ungarn, Oberöst., Niederöst., Böhmen. Diese Varietät umfaßt auch die var. *resinosa* (Op.) Bq., der zu seiner Beschreibung wahrscheinlich nur die bracteosen Pfl. des Andorfer zur Verfügung hatte.

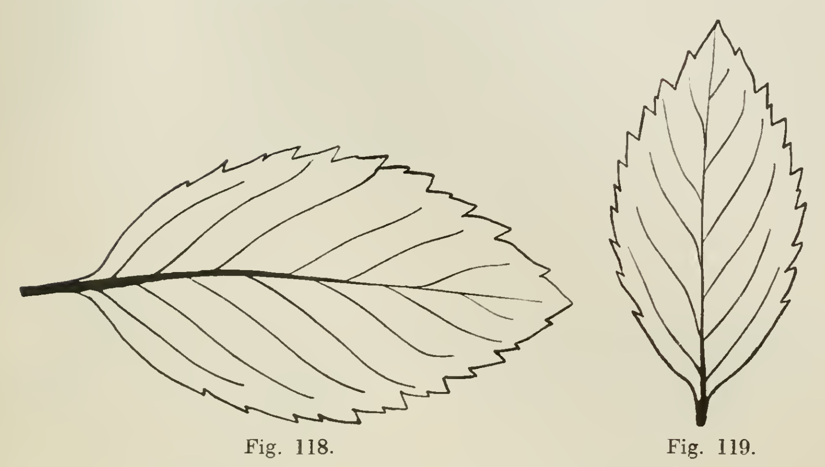


Fig. 118. Fig. 119.

Fig. 118. *M. gentilis* L. ε var. *resinosa* (Op.) Top.
Fig. 119. *M. gentilis* L. ε *resinosa* (Op.) f. *pseudorubra* Top.

f. **pseudorubra** Top. B. kl. bis mgr., schmal-ell. o. ell., sp., mit mäß. konv. R., Bas. lg.-verschmäl., kurz gest., 25—30 bis 40—50—55 × 12 (14)—14—20—24—30 mm; Z. d. S. grob, etwas gedrängt, wenig zahlr. (der Astblätter dünner stehend), mit sp. o. zugesp., inn. ger. o. konk., auß. well. o. konv., 1—2 × 2—5 mm gr. Enden, Kz. pfr. zugesp., borstlich bew. Pfl. reich veräst., im st. v., sbr.-ax. u. br.-ax.

(*M. rubra* Auct. non Sm.) Oberöst., Niederöst., Steiermark, Ungarn, kult. o. wildwachsend. Die echte *M. rubra* Sm. hat die charakteristischen röhrenförmigen K. u. breitere Blätter.

B. kl. o. mgr., lztt. sp., mit lg. u. schwach konv. R., Bas. ± keilförmig ausgezogen, k. o. f. k., dunkelgrün o. purpurn, 25—35—45—60 × 12—18—20—22 (25) mm; Z. d. S. viele, mit sch., sp., inn. ger., o. f. ger. o. f. konk.; auß. ± ger. o. schwach konv., vorwts. gewendeten, (0,5) 1—2 × 2—(3) 5 mm gr. Enden. Schw. vor der Anthese federig bew., Ped. k., K. gl., wenig kurzborstig, Grund k., 10 nervig, Kz. sp. bis zugesp., dicht weiß-borstig bew. Pfl. bis 5 dm h., im st. v. u. sbr.-ax. Stg. schwach, k., Äste dünn:

ζ var. **Reichenbachii** Bq. (1894).

Bayern.

B. Z. d. S. dünner stehend.

B. br.-ell., sehr kurz zugesp., Bas. br., kurz verschmäl., obsts. k., untsts. f. k., bis 10 mm lg. gest., 30—40—50 × 20—28 (25)—35 (30) mm; Z. d. S. groß, niedrig, mit sp. o. etwas zugesp., kurz weichsp., inn. f. ger., auß. f. ger. o. well., 0,8—1,5 × 5—7 mm gr. Enden. Ped. k., K. fl., Grund k., 13 nervig, Kz. zugesp., bew., Stg. kräftig, k., Pfl. bis 4 dm h., im st. v.:

η var. **cacosma** Top.

Böhmen.

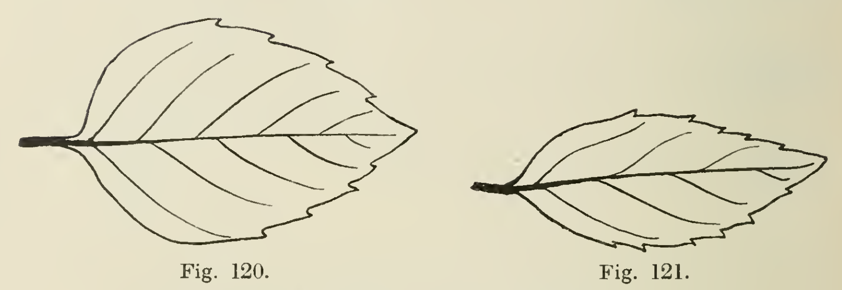


Fig. 120. Fig. 121.

Fig. 120. *M. gentilis* L. η var. *cacosma* Top.
Fig. 121. *M. gentilis* L. ϑ var. *gracilis* Sole (auth.).

B. kl. bis mgr., schmal-ell. o. ell.-eif. (nach Bq. kurz lztt.), zugesp. (nach Bq. sp.), mit wenig konv. R., Bas. ± kurz verschmäl., kurz gest. o. f. sitz., obsts. sattgrün, untsts. bleichgrün o. purpurn, f. k., 30—40 × 15—17 mm; Z. d. S. kl. o. mgr., niedrig, dünn stehend (Bq. gedrängt), mit aufrechten sp., inn. f. ger., auß. f. ger. o. ± well., 0,4—0,8 × 3—5 (7) mm gr. Enden. Ped. k., K. gl. o. trichterig-gl., fl. mit k. Grunde, gestreift, mit 13 Fibrovasalsträngen, die 5 primären deutlich hervortretend; Kz. zugesp. bis pfr.-zugesp. C. inn. u. auß. k. Pfl. bis 5 dm h., im st. sbr.-ax. Stg. schwach, äst., f. k. Nach Originalien des Wiener Hofmuseums:

ϑ var. **gracilis** (Sole) Bq. (1896).

B. kl., ell. o. eif.-ell., beidsts. f. k., 15—20 bis 25 × 7—10—20 mm; Z. d. S. sehr niedrig, dünnstehend, stpfl., Kz. sp. bis zugesp., bew., Pfl. niedrig, von der Tracht eines Thymus, im st. v.:

ι var. **heleogeton** (H. Br.) Top.

(*M. grata* Host var. *heleogeton* H. Br.) Schweiz.

2. B. behaart o. zerstreut beh.

B. ell.-eif., zugesp., Bas. kurz zuger., obsts. grün, wenig zerstreut beh., untsts. an den Nerv.

beh., sonst verkahlend, sehr kurz gest., 30—40—45 × 15—18—22 mm; Z. d. S. rglm., niederliegend, mit sp. auß. schwach konv. o. f. ger. 0,5—1 × 2 bis 3 (4) mm gr. Enden. Ped. k., K. gl. beh., Kz. k. o. wenig beh., K.grund k. Stg. an den Kanten wenig rückwärts-borstig beh., Pfl. bis 4 dm h., protandr. u. protogyn. im st. sbr.-ax. (Nach Originalien im Wiener Hofmuseum): ϰ var. **gentilis** Sole s. l.

Ungarn, Sachsen. (*M. grata* Host var. *diminutifolia* Waisbecker ist dieselbe Form, mit gedrängt stehenden, sp., sch., kl., 0,5—1 × 2—3 mm gr. Sägezähnen.)

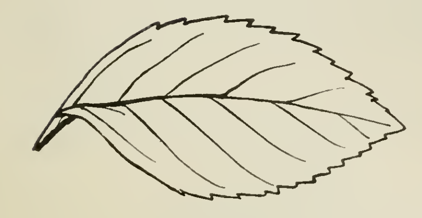


Fig. 122. Fig. 123.

Fig. 122. *M. gentilis* L. ϰ var. *gentilis* Sole (auth.).
Fig. 123. *M. gentilis* L. λ var. *Kmetiana* (H. Br.).

III. B. lgl. (Verhältnis der Breite zur Länge wie 1 : 2 u. darüber).

B. kurz-lztt., f. k.; Z. d. S. ± zahlr., auß. ger. o. gew., 0,4—0,8 × 3—5 (7) mm gr.: s. ϑ var. **gracilis** (Sole) Bq.

B. kl. bis mgr., schmal-lgl., beidendig gleichmäßig allmählich verschmäl., obsts. k., untsts. nur an den Nerv. wenig beh., kurz gest., 25—30—40 × 7,5—9 bis 12 mm; Z. d. S. sehr zahlr., sehr gedrängt, mit inn. u. auß. ger., 0,6—1 × 2—3 mm gr. Enden. K. gl., drüsig, verkahlend, zerstreut beh., Kz. zugesp. o. pfr., bew. Pfl. im st. sbr.-ax. Stg. äst., mit 15 bis 20 mm lg. m. Int.: λ var. **Kmetiana** H. Br.

Ungarn. (Von den drei *M. Kmetiana* meines Herbars paßt nur eine zu obiger Diagnose; die von Kmet selbst gesammelte ist eine gewöhnliche var. *resinosa*.)

f. **Beckeriana** Top. B. kl., lztt. o. lgl.-lztt., obsts. anliegend beh., untsts. an den Nerv. beh., 10—25 × 5—15 mm. Ped. k. o. f. k., K. zerstreut kurzhaar., Grund k., gl., Kz. sp., selten f. pfr., dicht bew. Pfl. im st. sbr.-ax.

(*M. intermedia* Becker, *M. Beckeri* H. Br.) Der Name „*Beckeri*" mußte ersetzt werden, da er bereits für eine Varietät (der *piperita*) im Gebrauche steht. Hessen.

B. kl. bis mgr., lgl.-ell. o. eif.-ell., sp., mit mäß. konv. R., Bas. verschm., beidsts. zerstreut beh., untsts. auch an den Nerv. beh., 25—30—40—50 × 11—13—17—20 mm; Z. d. S. niedrig, ± gedrängt, mit sp., inn. f. ger., auß. f. ger. o. schwach konv., 0,5—1 × 1—3 mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k.,

K. gl. o. verlängert gl., am Grunde k., Kz. lg. zugesp., u. lg.-zottig bew., dadurch die Schw. vor dem Aufblühen dicht bebärtet erscheinend:

μ var. **comatula** Bq. (1896).

Kärnten. (Briquet hat den Namen des H. Braun „*calvescens*" in „*comatula*" geändert, weil diese Pfl. nebst der var. *Friesii* die am meisten behaarte Form der *M. gentilis* ist.)

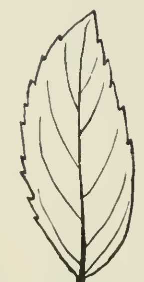


Fig. 124.

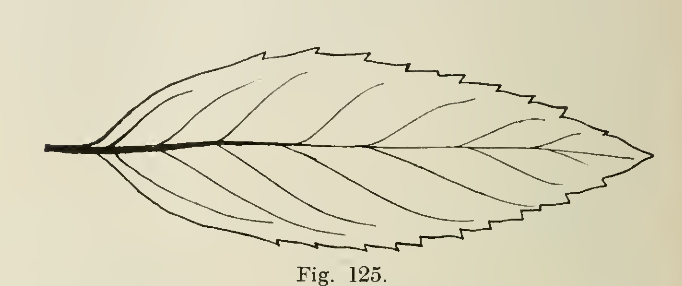


Fig. 125.

Fig. 124. *M. gentilis* L. μ var. *comatula* Bq.
Fig. 125. *M. gentilis* L. ν var. *cardiaca* (Bak.) Bq.

B. lgl. o. lztt.-lgl. o. lgl.-lztt., dünn, lg. zugesp., mit sehr leicht konv. R., Bas. zieml. kurz verschm., f. sitz. o. kurz gest., obsts. dunkelgrün, untsts. blaßgrün, verkahlend o. leicht befl., 45—50—60—70 × 15—20—23—25 mm; Z. d. S. kräftig, dünner stehend, mit vorwts. gerichteten, inn. f. ger., auß. well. o. f. ger. o. etwas konk., 1—1,5 × 3—8 mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k., K. verlängert gl., ± beh., am Grunde k., gestreift, 13 nerv., drüsig, Kz. lztt., beh., C. beidsts. k., Pfl. im st. v., sbr.-ax. br.-ax., Stg. verkahlend, mit 2—4 cm lg. m. Int.:

ν var. **cardiaca** (Baker) Bq. (1896).

(*M. gentilis* Sole, Sm., *M. cantalica* Hér., *M. cardiaca* Ger. sec. H. Br. S. 472, *M. rivalis* Sole nach dessen Exs. im k. k. naturhist. Hofmuseum in Wien.) Frankreich.

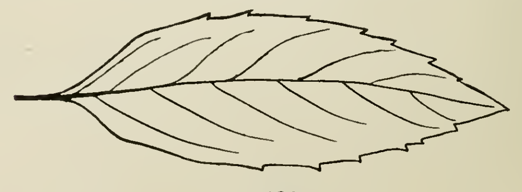


Fig. 126.
M. gentilis L. ν var. *cardiaca* (Bak.) f. *Sagorskii* Bq. (auth.).

f. **Sagorskii** Bq. (1896); Z. d. S. kl., inn. f. ger., auß. f. ger. o. schwach well., 0,2—0,8 × 3—7 mm gr., K. gl., 10 nervig, Kz. sehr lg. bew., Pfl. im st. sbr.-ax.

(Briquets Angabe: „dentes serr. 1—3 mm distantes" beruht wohl auf einem Irrtum.) Thüringen.

12. M. rubra Smith. (s. l.).

= *M. arvensis* × *aquatica* × *viridis* Mlvd.

Pfl. wenig beh., f. k. o. k., aromatisch riechend, im st. br.-cf., br.-cap., u. ps., Stg. äst., rot. B. br.-eif., eif. o. eif.-ell., stpfl. o. spitzl., aus abger. Bas. plötzlich zugesp., gest., obsts. sehr wenig zerstreut beh., untsts. nur die Nerv. bew., 30—40—50 bis 60 × 17—25—28—40 mm; Z. d. S. tief., ± rglm., zahlr. u. sehr gedrängt, mit hervortretenden o. vorgeneigten, sp. u. sch., inn. ger., auß. ger. seltener gezähnelten o. höckerigen, deutlich weichsp., 1—2 mm h., 3—6 mm entf. Enden. Ped. k. o. f. k., K. röhrig, reichlich drüsig, k., mit 13 Fibrovasalsträngen; Kz. zugesp. o. pfr., oft bewimpert, C. beidsts. k.:

a var. **rubra** Sm. (s. str.).

Frankreich.

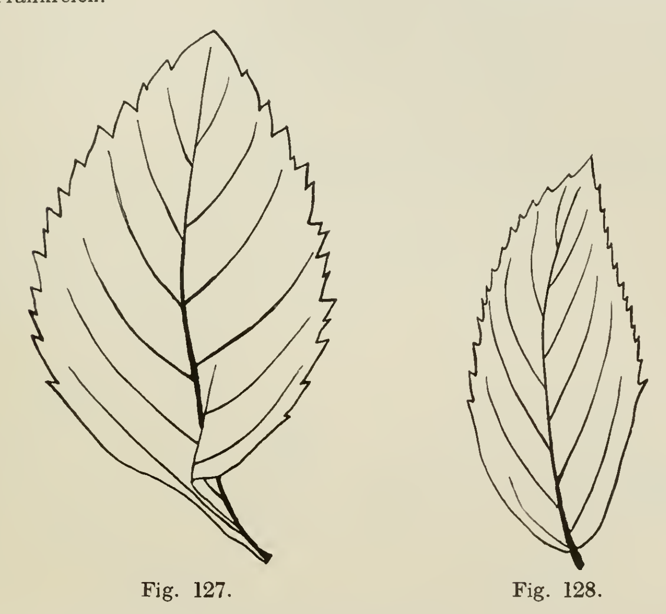


Fig. 127. Fig. 128.

Fig. 127. *M. rubra* Sm. *a* var. *genuina*.
Fig. 128. *M. rubra* Sm. *β* var. *Wirtgeniana* F. Sch. (auth.).

B. mgr., eif.-ell., ei-lgl. o. lgl., sp. o. spl., mit mäß. konv. R., Bas. kurz verschm. o. abger., beidsts. k. o. f. k., untsts. an den Nerv. länger fl., 5—10 mm lg. gest., 30—40—50—55 × 15—20—22—25 mm; Z. d. S. sehr viele u. gedrängt, mit sp., inn. ger., auß. f. ger., 0,4—1 × 2—4 mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k., K. r. gl., f. k., Kz. zugesp. bis pfr.-zugesp., bew. Pfl. im st. br.-ax. u. sbr.-cf., Stg. rot, o. rötlich, schwach befl.:

β var. **Wirtgeniana** (F. Schultz) Bq. (1889).

Hannover. Briquet zieht diese Pflanze zur *M. rubra* Sm. An der Pflanze meines Herbars (leg. Schonger) konnte ich von einer Einwirkung der *aquatica* nichts erkennen. Die Kelche sind glockig und wenig drüsig, so daß meine Pflanze viel sicherer zur *M. gentilis* zu reihen wäre, u. zw. vor die var. *Kmetiana*.

13. M. dalmatica Tausch. (fide Bq.)

= *M. arvensis* × *longifolia.*

A. Z. d. S. viele, ± gedrängt, der mittleren B. 2 (3)—4 mm entf.

I. B. eif.-ell. o. eif. (Verhältnis der Breite zur Länge wie 1 : höchstens 2).

1. B. eif.-ell.

B. mgr., eif.-ell. o. eif.-lztt., sp., mit gegen die Bas. zieml. konv. R., Bas. mäßig bis sehr kurz verschm. o. abger., beidsts. beh., untsts. überdies auch die Nerv. lg. bew., 25—40—50 × 15—23 bis 25 mm, f. sitz.; Z. d. S. sehr zahlr. u. gedrängt, sehr kräftig, sch., mit inn. f. ger., auß. ± ger. o. etwas gewellt., 1—3 mm h., 2—4 mm entf. Enden. Ped. schwach beh., K. gl. o. verläng. gl., schwach beh., Kz. zugesp., bew. Pfl. bis 6 dm h., im st. v. (*M. Krapinensis* H. Br.) u. im st. br.-ax. (*M. Fenzliana* H. Br.), Stg. kräftig, ± äst., beh.:

a var. **Fenzliana** (H. Br. s. l.) Bq. (1896).

Hierher auch: B. mgr. o. gr., eif.-ell., untere B. eif., sp. o. zugesp., mit zieml. konv. R., Bas. ± abger., obsts. beh., untsts. zerstreut beh., kurz gest., 25—30—50 × 15—18—30 mm; Z. d. S. sehr kräftig, sch., rglm., zieml. zahlr. u. gedr. mit sch., sp., inn. f. ger., auß. ± well., 1—2 × 3—5 mm gr. Enden. Ped. etwas beh. K. gl. o. verlängert gl., beh., Kz. lztt. bis pfr.: var. **Andersoniana** (H. Br.) Bq. (1896).

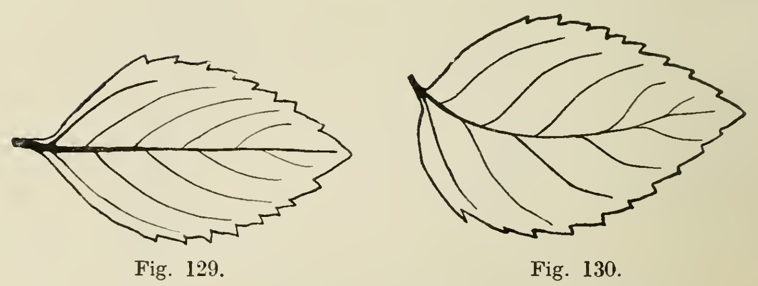


Fig. 129. Fig. 130.

Fig. 129. *M. dalmatica* Tsh. *a* var. *Fenzliana* (H. Br.) Bq.
Fig. 130. *M. dalmatica* Tsh. nach *a* var. *Jurányana* Borb. (auth.).

2. B. nur eif.

B. mgr., br.-eif., sp., mit an der Bas. sehr konv. R., Bas. abger., obsts. grün, mäßig dicht kurzh., untsts. bleichgrün, zerstreut beh., kurz gest., 30—50 × 20—33 mm; Z. d. S. rglm., mit sp. u. sch., etwas hervortretenden, ziemlich zahlr. u. gedrängten, inn. ger., auß. f. ger., 0,8—1,2 × 3—4—5 mm gr. Enden: var. **Jurányiana** (Borb.) Top.

II. B. lgl., lgl.-ell., lgl.-lztt. o. lztt.

1. B. mgr. o. gr.

A. Z. d. S. kl. u. sehr zahlreich.

Hierher: B. lztt., lgl.-lztt. o. eif.-ell., beidsts. beh., 20—50—60 × 10 (12)—18 (20)—25 mm; Z. d. S. sp., inn. ger., auß. ger. o.

well., 0,2—0,7×1—3 mm gr. Ped. beh., K. kl., Kz. lztt. o. lztt.-pfr.: var. **suavifolia** (H. Br.) Bq. (1896).

B. Z. d. S. mgr. u. gr.

a) Z. d. S. 1 mm u. darüber h., die der größeren B. grob.

B. mgr. bis gr., lgl. o. lztt.-lgl., sp., von der mäß. konv. Mitte aus nach beiden Enden zieml. gleichmäßig verschmälert, seltener die Bas. abger., obsts. fein beh., untsts. fl., an den Nerv. lg. beh., 40—50—60 bis 75 (85) × 17—20—23—35 mm, gest.; Z. d. S. kräftig bis grob, mit sp. o. zugesp., ziemlich gedrängt stehenden, inn. ger., auß. ger. o. etwas gew., 1—2 × 3—5 mm gr. Enden. Ped. + dicht beh., K. gl. o. verlängert-gl. o. kurz r. gl., dicht weißborstig beh.; Kz. lg. zugesp. Pfl. im st. sbr.-ax., Stg. reich veräst., öfters rötlich, ringsum fl. beh.:

β var. **cinerascens** (H. Br.) Top.

(*M. dalmatica* Tsh. var. *Borbásiana* Bq., *M. cinerea* [Op.] Dés., *M. hortensis* Tsh.) Mähren, Deutschland.

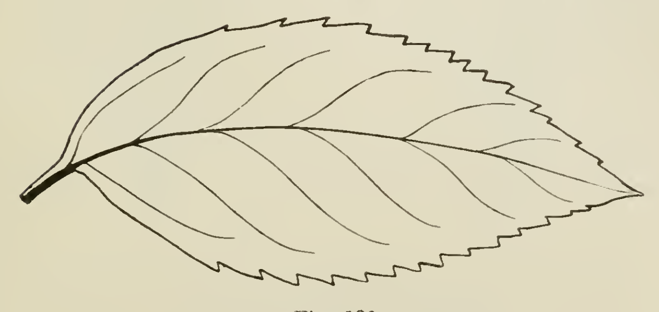


Fig. 131.

M. dalmatica Tsh. β var. *cinerascens* (H. Br.) Top.

f. **Petrakii** (H. Br. in Allg. bot. Zeit. 1810 Nr. 8) Top. B. kleiner, kürzer u. breiter, 35—40—45 × 16—18 (22)—20 (24) mm; Z. d. S. viele, gedrängt, inn. u. auß. ger., 0,5—1,2 × 2,5—3 mm gr. Pfl. ebenfalls im st. sbr.-ax.

Mähren. Der Sammler dieser Pflanze (Petrak) meint, daß diese „von *M. cinerascens* durch das Indument der Blättchen, die nicht (!) zugespitzten Kelchzähne, durch nicht (!) dicht behaarte Kelche und den oben nicht weißzottig behaarten Stengel, dann durch die Serratur verschiedene Pflanze" eine Kreuzung von *M. cinerascens* × *arvensis* sei.

f. **thuringiaca** H. Br. et Top. Beschreibung siehe unten S. 248.

B. m g r., lztt.-lgl. o. lgl., sp., o. f. zugesp. aus mäßig konv. Mitte nach beiden Enden allmählich verschm., obsts. grünl. dicht-, untsts. graul. dicht-kurz feinh., 30—40—60 bis 70×15—16 (18)—25—28 mm; Z. d. S. rglm., aber ungleich gr., zieml. zahlr. u. gedrängt,

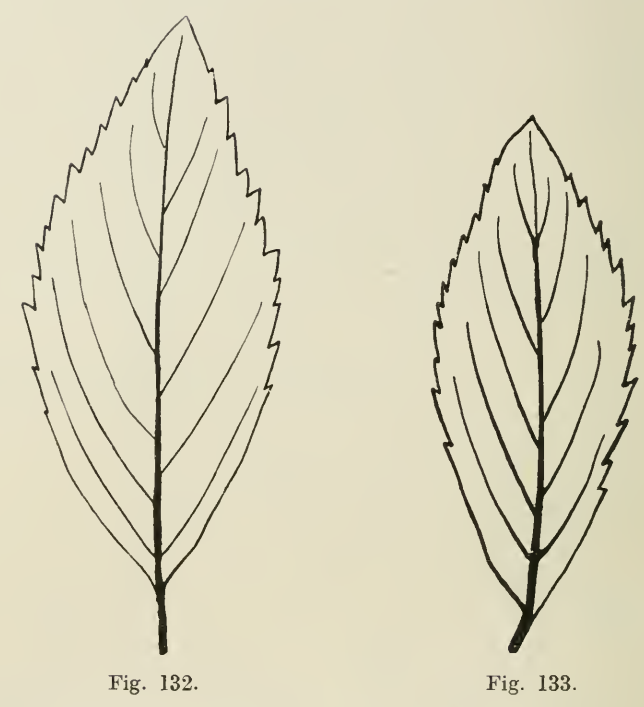


Fig. 132. Fig. 133.

Fig. 132. *M. dalmatica* Tsh. *β* var. *cinerascens* (H. Br.) f. *thuringiaca* H. Br. et Top.

Fig. 133. *M. dalmatica* *γ* var. *dalmatica* Tsh. (auth.) Bq.

mit sp., kurz weichsp., ± aufr. o. vorwts. geneigten, inn. f. ger., auß. f. ger. o. schwach gew. o. f. konk. 0,6—1,5×2 bis 4 mm gr. Enden. Ped. u. K. ± dicht zottig beh., K. gl. o. verlängert gl., Kz. lztt. zugesp., Pfl. sbr.-ax., Stg. bis 4 dm h., einf. o. äst., rundum dicht beh.:

γ var. **dalmatica** (Tausch.) Bq. (1896).

(*M. acutifolia* Sm. sec. Burkhardt) H. Braun (S. 485) zitiert zu seiner *M. dalmatica* Tsh. als Synonym die *M. carniolica* Host, welche aber wegen des auf den Einfluß der *M. rotundifolia* schließen lassenden Baues der Haare von Briquet als eine Varietät der Hybride *M. carinthiaca* Host erklärt wird. Kroatien.

B. mgr., eif.-lztt. o. verlängert-eif., + lg. zugesp., mit zieml. konv. R., zuger. Bas., obsts. grün, dicht weich beh., untsts. bleichgrün, dicht fl., kurz gest., 30 (35)—40 (50)—60 × 20—23—25 mm; Z. d. S. unrglm., grob, o. gewöhnlich, mit oft vom Grunde aus sehr schmal zuge-

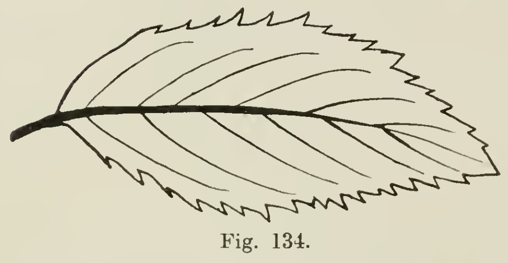


Fig. 134.

Fig. 134. *M. dalmatica* Tsh. δ var. *Haynaldiana* Borb. (auth.).

schweiften u. aufgesetzten, inn. ger. o. well., auß. konk. o. well., weichsp., 1—2,5 mm h., 3—4 (7) mm entf. Enden. Ped. grau beh., K. gl. o. verläng.-gl., dicht lg. zottig beh., Kz. lztt.-pfr. Stg. ringsum wollig beh., reich veräst., bis 8 dm h.:

δ var. **Haynaldiana** (Borb.) Bq.

Ungarn.

f. **macrandria** (Borb.) Bq., Pfl. weniger dicht beh., B. mit verschmäl. Bas.; Z. d. S. auß. konk., mit lg. Weichsp., 2—3 × 3—4 (5) mm gr. Pfl. im stat. br.-ax.

Ungarn.

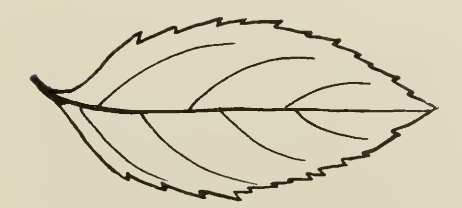


Fig. 135.

M. dalmatica Tsh. ζ var. *biharensis* Borb. (auth.).

b) Z. d. S. unter 1 mm h., selten 1 mm h. werdend. B. lztt. o. lgl.-lztt., sp., mit leicht konv. R., Bas. keilf. zugez., obsts. beh., untsts. zerstreut befl., 30—50 × 12—20 mm; Z. d. S. kl., zieml. zahlr., mit sp. o. stpf., inn. ger., auß. f. ger. o. f. konv., 0,2 bis 0,7 × 3—5 mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k., K. trichterig-gl., o. verlängert-gl. (H. Br. r.

gl.), angedrückt beh., 10 nerv., f. drüsenlos, Kz. sp. o. kurz zugesp. (Bq. lztt.). C. auß. u. inn. wenig u. kurz beh., Pfl. im st. sbr.-ax., Stg. veräst., an den Kanten beh. (Nach den Originalien im Herbar des Hofmuseums in Wien):

ε var. **stachyoides** (Host) Top.

(*M. stachyoides* Host, *M. verticillata* L. var. *stachyoides* (Host) H. Br., *M. carinthiaca* Host var. *stachyoides* (Host) Bq.) Da die Haare einfach und starr sind, die Blattunterseite überdies eine einfache Nervatur hat, gehört die Pflanze wohl zur *M. dalmatica* Tsh.

B. mgr., lztt., sp. o. zugesp., mit lg. u. leicht konv. R., Bas. zuger. o. verschm., obsts. grün, angedrückt dicht beh., untsts. aschgraugrün, fl. o. f. filzig, 30—35—45—50 × 12—15—18 (22)—20 (24) mm, untere B. kurz gest.; Z. d. S. unrglm., ziemlich viele, mit sp., abstehenden, inn. ger., auß. f. ger. o. well., 0,5—0,8 (1) × 3—5 mm gr. Enden. Schw. viele, gedrängt, die obersten 8—10 mit brakteenartigen B. gestützt, die obersten genähert (st. br.-cf.). Ped. beh., K. kurz r. o. schmal r. gl., dicht beh., Kz. pfr.-lztt.:

ζ var. **biharensis** (Borb.) Bq. (1896).

Ungarn. (Borbás schrieb „*Biharensis*", auf den Schedulae auch „*Bihariensis*".)

B. schmal-lgl. o. lgl.-lztt., sp., mit sehr schwach konv. R., Bas. verschm., beidsts. dicht grau-zottig, sehr kurz gest., 30—60 × 12—20 mm; Z. d. S. sehr fein mit sp. o. zugesp., nach rückwärts aufgebogenen, 0,5—1 × 2—5 mm gr., inn. ger., auß. ger. o. well. Enden. Ped. u. K. dicht beh., K. gl., gestreift, Kz. sp., Pfl. bis 6 dm h., im st. br.-ax. Stg. rötlich, äst., oben sehr dicht weißfl. beh.:

η var. **Skofitziana** (Kern.) Bq. (1896).

Ungarn. Die durch die Tauschanstalten verbreiteten unter dem Namen *M. Skofitziana* Kern. von Marton verschickten Pflanzen sind mit Rücksicht auf Form, Serratur und Behaarung der Blätter zur var. *cinerascens* zu stellen.

Hierher gehörig: B. mgr., br.-lztt. o. lgl.-lztt., dünnhäutig, beidsts. aschgraugrün und kurzfl., 40—55 × 20—28 mm; Z. d. S. kräftig, mit sp., inn. ger., auß. f. ger. o. etwas konk., 1—1,5 × 4 bis 9 mm gr. Enden. Ped. sehr spärlich beh., K. gl., fl., f. gestreift, Kz. lztt.:

var. **Mertensii** Bq. (1896).

B. mgr. bis gr., bis 90—95 × 40—50 mm gr.; Z. d. S. dünnerstehend, auß. schwach

konk. o. f. ger., 0,6—1,5 × 4—7 mm gr. Pfl. im st. sbr.-ax.; sonst wie die var. β: deren f. **thuringiaca** H. Br. et Top. (D. bot. Mon. 1896 p. 145).

Böhmen, Brandenburg, Thüringen.

Anm. Sagorski und Oßwald stellen in „Mitteilungen des Thür. Bot. Vereines" 1910 S. 78 diese Form als selbständige Art auf und zitieren als Synonyme *M. hortensis* Tsh., *M. cinerea* Op. u. *M. Borbásiana* Bq. In einer Nachbemerkung (S. 79) erklären sie die von Briquet in Fragm. I kundgegebene Ansicht, daß seine *M. Borbásiana* eine Kreuzung der Formel *grisella* × *arvensis* sei, für irrig. Es sei aber festgestellt, daß Briquet diese Ansicht bereits in seinen Fragmenten IV, p. 27, also schon vier Jahre vor dem Erscheinen der „Mitteilungen" korrigiert hat. Die var. *Borbásiana* Bq. ist gleich der *M. cinerascens* H. Br. Briquet hat bei Aufstellung dieser Hybriden das meiste Studienmaterial aus dem in dieser Beziehung reichhaltigen Herbar des Wiener Hofmuseums benützt. Die dortigen Muster der *M. cinerascens* und der *M. hortensis* tragen auch alle den Revisionsvermerk dieses Forschers: „*M. dalmatica* Tsh. var. *Borbásiana* Bq."

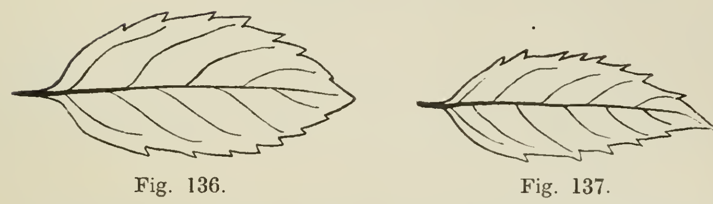


Fig. 136. Fig. 137.

Fig. 136. *M. dalmatica* Tsh. η var. *Skofitziana* Kern. (auth.).
Fig. 137. *M. dalmatica* Tsh. ϑ var. *Iráziana* Borb. (auth.).

2. Blätter klein.

B. lztt. o. eif.-lztt., Astblätter schmal-lztt., sp., mit leicht konv. R., Bas. kurz o. länger verschm., obsts. grün, dicht fl. beh., untsts. dicht graufl. o. graufilz., 25—35—40 × 12—25—20 mm; Z. d. S. kräftig, zieml. viele, unrglm., mit zugesp., seltener sp., sch., ± auswärts gebogenen, inn. ger., auß. konk. o. well., 1—1,5 × 2—4 mm gr. Enden. Ped. dicht beh., K. gl. o. verlängert-gl., filz., Kz. sp. o. fein zugesp., Pfl. im st. br.-ax., Stg. dicht beh.:

ϑ var. **Iráziana** (Borb.) Bq. (1896).

Ungarn.

Hierher wären noch einzureihen: B. schmal-lztt., sehr sp. o. zugesp., mit leicht konv. R., Bas. sehr sch. keilförmig verschm., beidsts. kurz fl. beh., 20—30 × 6—10 mm, sehr kurz gest.; Z. d. S. sehr kl., dünn stehend, mit abstehenden, inn. ger., auß. schwach well. o. f. ger., 0,1 bis 0,3 × 2—4 mm gr. Enden. Ped. dicht beh., K. gl. o. verlängert gl., fl., Kz. schmal-lztt. Pfl. im st. v. u. br.-ax.:

var. **peracuta** (Borb.) H. Br.

B. eif.-ell. o. kurz lgl.-lztt., kurz sp. o. stpfl., mit leicht u. lg. konv. R., Bas. zuger., beidsts. dicht graugrünlich beh., 15—25×8—13 mm; Z. d. S. kl. schwach, dünn stehend, mit sp. o. stpfl., abstehenden, inn. ger., auß. gew. o. konv., 0,1—0,5×3—5 mm gr. Enden. Ped. f. k. o. wenig befl., K. gl., wenig fl., Kz. lztt.:

var. **calaminthaeformis** (Borb.) Bq. (1896).

14. M. carinthiaca Host. (s. l.) fide Bq.

= *aquatica* × *rotundifolia*.

A. Serr. bestehend aus 3 eck. Z. o. aus unrglm. Anhängseln.

B. sehr br.-eif.-rundlich, Scheitel zuger., stpf. o. unrglm. zugezogen, Bas. br. abgerundet, obsts. grün, angedrückt beh., untsts. bleich- o. aschgraugrün, zerstreut beh., die Nerv. befl., netzig, 35—30—45—50 × 30—35—40 (45)—45 mm, f. sitz.; Serr. unrglm. u. ungleich, bestehend aus groben, sp. o. zugesp., 3 eck., inn. u. auß. well. Z. o. aus ungleichgestalteten, wegstehenden o. gedrehten Anhängseln, 2—5 (10) mm h., 3—5 (15) mm entf. Ped. grün u. beborstet, K. gl., beh.; gestreift, Kz. fein zugesp., Pfl. im st. br.-ax.:

α var. **diespasmena** (Bq.) Top.

(*M. dalmatica* Tsh. var. *diespasmena* Bq. 1896.) Ungarn, kult. Die Einordnung dieser Pflanze zur *M. dalmatica* beruht jedenfalls auf ein Versehen Briquets, da die ganze Belaubung der von Briquet determinierten Exsikkaten des Wiener Hofmusealherbars die der *M. rotundifolia* eigentümliche netzige Nervatur und die breitzellige Struktur der Haare haben.

B. Serr. bestehend nur aus 3 eck. Z.

I. B. ell., eif.-ell. o. br.-eif.-ell. (Verhältnis der Breite zur Länge wie 1: 1,5 bis höchstens 2).

1. B. kurz-eif. (eif.-ell.) o. br.-eif.-ell. (Breite zur Länge wie 1: 1,2 bis 1,6).

A. Z. d. S. ± zahlreich u. gedrängt.

a) Blätter mgr.

† Z. d. S. hervortretend, über 1 mm h.

B. br.-eif.-ell. o. br.-eif., kurz sp., Bas. sehr kurz in den B.stiel zugezogen, beidsts. grün, dicht beh., untsts. bloß die Nerv. 1. u. 2. Ordnung hervortretend, 30—40—45 × 18—26 (30)—30 mm, sehr kurz gest. o. f. sitz.; Z. d. S. minder zahlr., rglm., mit sp., sch., inn. ger., auß. f. ger., selten schwach gew., 1—1,5 × 3—4 (5) mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k., K. verlängert-gl., dicht beborstet, gestreift, Kz. fein zugesp., Pfl. im st. v.:

β var. **carinthiaca** (Host, s. str.) Bq. (1896).

Kärnten.

Hierher: B. gr., br.-eif., stpf. o. stpfl., mit sehr konv. R., Bas. rund, beidsts. grün, fl., 25—50×20—30 mm; Z. d. S. zieml. grob, zahlr., kräftig, mit ± sp., inn. ger., auß. well., 1—1,6×2—4 mm gr. Enden. Ped. k., K. gl., Kz. lztt.-zugesp. Pfl. im st. sbr.-ax.:
var. **ramosissima** (F. Sch.) Bq. (1896).

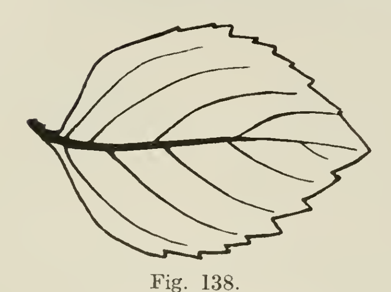


Fig. 138.
M. carinthiaca Host. β var. *genuina* (auth.).

†† Z. d. S. niedrig, kaum 1 mm h. werdend.

B. mgr., rundlich-eif. o. ell.-eif., kurz sp. o. abger., mit unter der Mitte sehr konv. R., Bas. br.-abger., beidsts. grün, beh., untsts. oft mit Filz im Netze, 15—30—50 × 12—25—30 mm; Z. d. S. kl., zahlr., gedrängt, mit sp., selten stpfl., inn. ger., auß. ger. o. konv., 0,2—0,7 × 1—2 mm gr. Enden. Ped. k. (nach H. Br. S. 491 dicht beh.), K. dicht beh., gl., K. lztt.-zugesp. Pfl. im st. br.-ax.:
γ var. **Mülleriana** (F. Sch.) Bq. (1896).

B. mgr., ell. o. ell.-eif., mit zieml. konv. R., Bas. zuger. o. zugeschweift, beidsts. grün, zieml. dicht beh., 20—30—40 × 12—16 (20)—20 mm; Z. d. S. kl., zahlr., gedrängt, mit stpfl., inn. ger., auß. etwas konv., 0,2 bis 0,7 × 1—2 mm gr. Enden. Ped. beh., K. gl., Kz. lztt.:
δ var. **submollis** (H. Br.) Top.
(*M. mollis* F. Sch., *M. arvensis* L. var. *submollis* H. Br., *M. carinthiaca* Host var. *mollis* Bq. 1896.) Dieser Name mußte zurückgesetzt werden, weil er bereits für eine Varietät der *M. longifolia* im Gebrauche steht.

b) Blätter klein.

B. br.-eif., sp. o. kurz zugesp., mit sehr konv. R., Bas. abger., bdsts. dicht beh., 25—30—35 × 18 (20)—20—25 mm; Z. d. S. sehr zahlr., stpfl., auß. konv., 0,5

bis 0,8 × 2 mm gr. Ped. u. die verlängert-gl. K. dicht zottig beh., gestreift, Kz. sp. o. zugesp., Pfl. im st. sbr.-ax. u. br.-ax., Stg. dicht beh.: ε var. **Bruteletti** (Mlvd.) Top.

(*M. Bruteletti* Mlvd., *M. arv.* L. var. *Bruteletti* [Mlvd.] H. Br.) Frankreich.

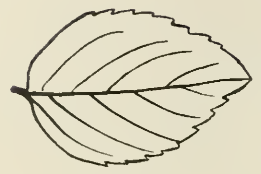


Fig. 139.

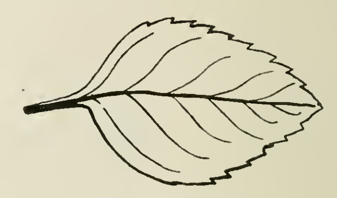


Fig. 140.

Fig. 139. *M. carinthiaca* Host. ε var. *Bruteletti* (Mlvd.) Top. (auth.).
Fig. 140. *M. carinthiaca* Host. ζ var. *micrantha* (F. Sch.) Bq. (auth.).

B. eif., sp. o. stpfl., mit an der abger. Bas. sehr konv. R., beidsts. beh. u. fl., 20—30—35 × 13—20—23 mm; Z. d. S. wie vorige, 0,2—0,7 × 2—3 mm gr.. Ped. k. o. f. k., K. gl., beh., Kz. sp. Pfl. niedrig, im st. br.-ax. u. sbr.-ax.:

ζ var. **micrantha** (F. Sch.) Bq. (1896).

(*M. arv.* L. var. *micrantha* F. Sch., *M. Malinvaldi Camus.*) Elsaß, Frankreich.

B. Z. d. S. dünner stehend.

a) Blätter mgr.

B. mgr. bis gr., br.-eif., sp. auf stpf. Scheitel, mit sehr konv. R., Bas. herzf., beidsts. dicht beh., Nerv. netzig, 30 (35)—40—50 bis 60—65 × 22 (28)—30—37—45—47 mm, sitz.; Z. d. S. gr., mit spitzl. o. stpf., niederliegenden o. aufgerichteten, inn. ger. o. schwach konv., auß. schwach konv., 0,8 bis 1,6 × 5—7 mm gr. Enden. Ped. zerstreut beborstet, K. verläng.-gl., ± dicht beborstet, Kz. zugesp. Pfl. bis 4 dm h., im st. br.-ax. u. br.-cf., Stg. dicht beh.:

η var. **dictyophylla** Top.

Frankreich.

Hierher gehören auch folgende drei Formen:

B. mgr., kurz eif. o. ell., stpf. o. spitzl., mit ± konv. R., Bas. abgerundet o. kurz ausgezogen, beidsts. grün u. fl., 40—60 × 22—30 mm; Z. d. S. schwach, mit abstehenden, inn. ger., auß. ger. o. konv. o. etwas gew., 0,2—1 × 2—5 mm gr. Enden. Ped. k. (H. Br. dicht beh.), K. gl., Kz. lztt.-zugesp. (*M. arv.* L. var. *Scordiastrum* F. Sch.):

var. **Scordiastrum** (F. Sch.) Bq. (1896).

B. mgr., eif. o. eif.-ell. o. ell., kurz sp. o. stpf., mit schwach o. mäß. konv. R., Bas.

abger. o. herzf., beidsts. dicht beh., f. sitz., 25—40—45—60—70 × 15—25—28—32—40 mm; Z. d. S. dünner stehend (Bq. gedrängt), mit sp. o. zugesp., inn. ger., auß. f. ger. o. gewellt. o. konk., 0,8—1,5 × 5—6 (Bq. 1,5—4) mm gr. Enden. Ped. f. k. o. beh., K. gl. dicht beh., Kz. fein zugesp. (Nach Originalexemplaren des F. Sch. herb. norm.):

var. **Wohlwerthiana** (F. Sch.) Bq. (1896).

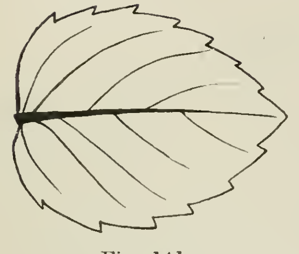


Fig. 141.

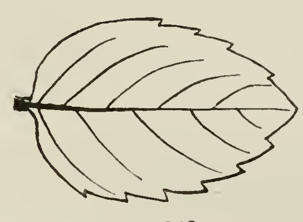


Fig. 142.

Fig. 141. *M. carinthiaca* Host. η var. *dictyophylla* Top.

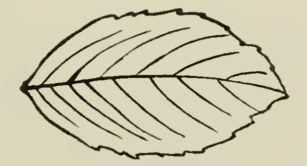
Fig. 142. *M. carinthiaca* Host. nach η var. *Wohlwerthiana* F. Sch. (auth.).

b) Blätter klein.

B. br.-eif.-ell. o. br.-eif., stpf. o. spitzl., mit langer konv. R., Bas. rund, f. herzförmig, obsts. angedrückt beh., untsts. graufl. f. sitz., 20—25—30 × 12—15—20 mm; Z. d. S. kerbig, schwach, mit stpf. o. sp., abstehenden, inn. ger., auß. konv. o. höckerigen, 0,4—0,7 × 2—5 mm gr. Enden. Ped. k. o. f. k., K. kl., gl., dicht beh., Kz. sp. o. schmal-lztt.:

var. **subtomentosa** (Strail) Bq. (1896).

II. B. aus dem Ovalen oder Eiförmigen in die Länge gehend: lgl.-ell., lgl.-lztt., eif.-lztt. o. lztt. (Breite zur Länge wie 1 : 2 u. darüber).



Fg. 143.

Fig. 143. *M. carinthiaca* Host. ϑ var. *carniolica* Host. (auth.).

1. Z. d. S. viele, gedrängt.

B. mgr., lgl.-ell. o. lgl.-ltzt., sp., mit etwas konv. R., Bas. kurz ausgezogen, beidsts. dicht beh., 35—50 × 10 (18) 20 (18) mm; Z. d. S. kl. ± zahlr., mit sehr sp. inn. ger., auß. ger. o. etwas konk., 0,2—0,7 × 2—4 mm gr. Enden. Ped. sehr zott. beh., K. gl., zott. beh., Kz. lztt. Pfl. bis 4 dm h.; Stg. ästig, dicht beh. (*M. carniolica* Host):

ϑ var. **carniolica** (Host) Bq. (1896).

2. Z. d. S. dünner stehend.

B. verlängert eif., stpf., obere B. lgl.- lztt., sp. u. mit sehr leicht konv. R., Bas. rundlich ausgezogen, beidsts. etwas beh., gest., 30—60 × 10—25 mm; Z. d. S. kerbig, ± dünn stehend, mit sp. o. stpf., inn. f. ger., auß. etwas konk., 0,2—0,8 × 2—5 mm gr. Enden. Ped. beh., K. gl., beh., gestreift. (*M. gentilis* L. var. *triemarginata* [Str.] H. Br.): var. **triemarginata** (Strail) Bq. (1896).

15. M. pulegium L.

Pfl. aufrecht-o. niederliegend. B. br.-ell., ell. o. eif.-ell., kl., mit stpf. o. abgerundetem Scheitel, gest. o. sitzend, Nerv. einf. Serr. bestehend aus sehr kl. Zähnen, B. oft auch ganzrandig. Blütenstand axillar, Schw. voneinander entf. Ped. sehr kurz, K. röhrig, mit 10 deutlichen Fibrovasalsträngen, mit innerem Haarring; zweilippig o. f. zweilippig; Kr. 3 eck.-lztt. Kronenröhre am Eingange zylindrisch, dann sich plötzlich erweiternd, am Schlunde untersts. einen sehr auffallenden Höcker bildend, mit einem schwach entwickelten Nectarostegium.

Übersicht der Varietäten und Formen.

A. Pfl. aufrecht.

B. kl. bis sehr kl., ell. o. br.-ell., stpf., mit mäß. konv. R. Bas. zuger. o. ± lg. verschmälert, k. o. f. k. o. wenig zerstreut befl., untsts. deutlich drüsig, 1—5 mm lg. gest., 5—10—15—20—25 × 3—6 (8)—7 (10) 12—15 (12) mm; Z. d. S. niedrig o. wenig ausgeprägt, B. oft auch ganzrandig, inn. u. auß. ger., 0,3—0,6 × 2,5—4—5 mm gr. Schw. mgr., Ped. ± beh., K. ± dicht kurzborstig, Kz. zugesp. bis pfr., die kürzeren auch sp. Stg. fl. o. borst. beh.: *a* var. **erectum** Wirtg.

Ungarn, Niederöst., Mähren, Steiermark, Schlesien, Rußland, Rheinprovinz, Frankreich, England.

f. **sphenoides** Top. Pfl. bis 7 dm h. Stg. unt. f. k., nach oben zu ± dichter befl. B. kl., stpf., Bas. keilförmig verschmäl., die größte Breite in der oberen B.hälfte, B. f. k., die oberen sehr kurz fl., B.stiele bis 8 mm lg., fein beflaumt, Drüsen der B.unterseite undeutlich; Z. d. S. wenig tief, stpf. u. dünner stehend, das verschmälerte Stück des B.randes ganz.

Frankreich.

f. **foetida** Top. Pfl. u. Stg. wie vor. B. kl., ell. bis br.-ell., stpf., Bas. kurz verschmäl., sehr zerstreut kurzfl., 15—20—25—30 × 10—13—17—20 mm; B.stiele fein befl., bis 8 mm lg.; Z. d. S. wie vor., unteres Drittel des B.randes ganzrandig, Drüsen auf der B.unterseite undeutlich.

Frankreich.

f. **strongylophylla** Top. Pfl. mit einf., bis 3 dm h., Stg., befl. B. br.-ell. o. f. rundlich (ebenso die Nebenblätter), kl. o. sehr kl., 8—10 × 6—8 mm, Drüsen

undeutlich; Z. d. S. sp. o. fein zugesp. Ped. fein kurzborstig, Kz. sp. o. zugesp.

Mähren.

B. sehr kl., ell. o. br.-ell., graugrünlich, obere B. dicht, untere weniger dicht beh., Unterseite großdrüsig, Hauptnerv. zott. beh. 5—10—15 × 3—6 (7)—8 mm; Z. d. S. sehr niedrig, dünn stehend, stpfl. Ped. kurzborstig beh., K. ± lg.-borstig, Kz. lg.-borstig bew., zugesp. Stg. schon von unten dicht anliegend o. ± abstehend beh.:

β var. **tomentella** (Hoffm. et Link) Top.

(*M. tomentella* Hffm. et Lk., *M. subtomentella* H. Br., *M. hirtiflora* Op.) Bosnien, Dalmatien, Frankreich.

B. Pfl. niederliegend.

Stg. dünn, reichäst., wenig beh., stellenweise k. B. ell., dünn, lg. gest., zerstreut beh. bis verkahlend, 10—17 × 6—7 mm; undeutlich well. gesägt o. ganz randig, Schw. wenig dicht fein- u. kurzborstig beh.:

γ var. **thymoides** Top.

Frankreich.

f. **macrostylos** Top. Pfl. dicht kurzfl. beh. Ped. lg., K. schmalröhrig, Kz. lg.-borstig bew. C. lg.-weißborstig.

Frankreich.

Autorenverzeichnis.

Becker (Beck.). Fl. der Gegend um Frankfurt. 1828.

Bentham (Benth.) in De Candolle, Prodr. 1848.

Borbás (Borb.) in Öst. bot. Zeitschr. 1880, 1889, 1890.

— in Bot. Zentralblatt. 1886.

— in Értekezések a természettudományok köreböl XI.

— in Result. der wissensch. Erforsch. des Plattensees. 1890, 1900.

— in Geogr. atque enum. pl. com. Castrif. 1887.

— Magyar orvos. és term. Munk. 1879, 1880.

— Temesmeg. veget. (Fl. com. Temes.). 1884.

— Békésvármege flor. 1881.

Boreau (Bor.). Fl. du Centre de la France. 1857.

Borkhausen (Borkh.). Fl. der Wetterau. 1800.

Boutigny (Bout.) in F. Sch. herb. norm.

— in Archiv de Fb. 1858.

Crantz (Crtz.). Stirp. austr. 1769.

Déséglise (Dés.). Menthae Opiz. I u. III in Ann. de la Soc. bot. de Lyon, 1880, 1882; II in Bull. de la Soc. d'Étud. scient. d'Angers. 1882.

— Menthae Opiz. Extrait de Naturalientausch in Bull. .... Lyon. 1881.

— Observations sur quelque Menth. in Bull. ..... d'Angers. 1880, 1881.

Déséglise et Durand (D. D.). Descript. nouv. Menth. in Bull. Soc. roy. bot. Belg. 1878, 1879.

Dumortier (Dum.). Floru la Belg. 1827.

Durand (Dur.). Notes sur quelques pl. nouv. in Bull. de la Soc. roy. de Bot. de Belg. 1877.
— ap. Dés., Pl. rares et crit. de France et de Suisse in Bull. de la Soc. d'Ét. scient. de Paris. 1878.
Ehrhardt (Ehr.). Beiträge. 1792.
F. Schultz (F. Sch.). Grundzüge zur Phytost. der Pfalz. 1855.
— Zusätze und Berichtigungen zu den Grundzügen .... 1866.
— Beiträge zur Fl. der Pfalz in „Flora". 1872.
— herb. norm. 1856.
— Drei Bastarde aus der Gattung Mentha, in „Flora". 1854.
— Untersuchungen über die Arten und Abarten der Gattung Mentha, in Jahresber. der Pollichia. 1854.
— in Archiv de Fl. de la France et d'Allem. 1854.
Fries (Fr.). Novitiae Fl. Suaec. 1819.
— herb. norm. 1821.
Gerarde (Ger.). Histor. pl. 1597.
Gmelin (Gm.). Fl. Badensis. 1806.
Gussoni (Guss.). Pl. rarior. quas. ..... 1826.
— Enum. Fl. Inarimensis. 1854.
Héribaud (Hér.) in Bull. de la Soc. de Bot. de France. 1880.
Hoffmann (Hffm.). Deutschlands Fl. 1804.
Hoffmannsegg et Link (Hffm. et Lk.). Fl. Portug. 1809.
Holuby (Hol.). Die Menth. des Trenzs. Kom. in Öst. bot. Zeitschr. 1876.
Host (Hst.). Fl. austr. 1831.
Hudson (Hds.). Fl. angl. 1762.
Hull. Brit. Fl. 1799.
Jacquin (Jcq.). Hort. bot. Vindob. 1776.
— Fl. austr. 1778.
Kerner (Kern.) in Fl. exs. austro-hung. 1882, 1888.
— in Öst. bot. Zeitschr. 1863.
Lejeune (Lej.). Revue de la Fl. de envir. de Spa. 1824.
Lejeune et Courtois (L. C.). Comp. Fl. Belg. 1831.
Malinvaud (Mlvd.). Metér. hist. Menth. in Bull. Soc. bot. de France. 1877, 1878, 1880, 1881, 1883.
— Menth. exs. praes. gall.
— Études in Bull. Soc. bot. de France. 1883.
Moench (Mnch.). Method. 1794.
Nees van Esenbeck (N. v. E.) in Bluff et Fingerhut, Comp. Fl. germ. 1825.
Oborny. Fl. v. Mähr. u. öst. Schles. 1884.
Opiz (Op.) in Naturalientausch. 1823, 1824, 1825, 1826, 1831.
— in „Flora". 1824.
— in Nomencl. bot. 1831, 1840.
— in Lotos. 1853.
— Seznam. 1852.
Pérard (Pér.) in Bull. de la Soc. bot. de France. 1870.
— Suppl. du Catal. rais. de pl. de l'arrond. de Montluçon. 1878.
— Revue monoge du genre Mentha. 1878.
Person (Pers.). Synops. 1807.
Reichenbach (Rb.). Fl. germ. exsicc. 1830—1832.
— Fl. germ. excurs. 1830—1835.

Reichenbach fil. (Rb. f.). Icones Fl. germ. et helv. 1858.
Rochel (Roch.). Beiträge zur Gattung Mentha in „Linnaea". 1838.
Schrader (Schrad.). Cat. hort. Goetting. 1808.
Schreber (Schreb.) in Schweigger et Körte, Fl. Erlang. 1811.
Schultes (Schult.). Observationes bot. 1809.
Schur, Enum. pl. Transilv. 1866.
Smith (Sm.). Transact. of Linn. Soc. 1800.
— Fl. britt. 1804.
Sole, Menthae britt. 1798.
Sprengel (Spr.). Plant. minus cogn. pugill. 1813.
Steudel, in Koch, Synops. 1843.
Strail (Str.). Monogr. Menth. in Bull. de la Soc. roy. bot. Belg. 1864.
— Essai de classif. et descr. des Menth. en Belg. in Bull. ...... 1887.
Tausch (Tsh.). Syll. pl. nov. ...... in Schrift. der Kgl. bot. Ges. in Regensburg. 1828.
— in Rb. Fl. germ. exc. 1830.
Tenore (Ten.). Syll. Fl. Neap. 1830, 1835.
Thuillier (Thuill.). Fl. des envir. de Paris. 1799.
Timbal-Lagrave (T. L.). Essai mon. Menth. pyr. in Bull. de la Soc. bot. de France. 1860.
— herb. Galliae mer. et Pyr. 1881.
Weihe (Whe.) in Becker, Fl. d. Geg. um Frankfurt. 1828.
— in Lej. et Court. Comp. Fl. Belg. 1831.
Wenderoth in „Flora". 1828.
Willdenow (W.). Enum. pl. hort. Berol. 1800, 1809.
— Sp. pl. 1800.
Wirtgen (Wrtg.). Fl. der preuß. Rheinprov. 1857.
— herb. Menth. rhen. 1855—1856.

Index.

Die **fett** gedruckten Namen zeigen an, daß diese Pflanze auf der betreffenden Seite beschrieben ist.

Der Formenkreis von Alopecurus anthoxanthoides Boiss.

Von

Jos. Bornmüller, Weimar.

Mit 4 Abbildungen im Text.

Im Jahre 1905 hatte Herr Professor Dr. Domin unter den ihm zur Bearbeitung übergebenen orientalischen Koelerien meines Herbars einige Halme eines annuellen *Alopecurus* vorgefunden, in welchem er mit Fug und Recht eine eigene Art zu erkennen glaubte, die er alsbald in Feddes Repertorium I (1905) 4—5 als *A. Bornmülleri* ausführlich beschrieb. In der Tat war diese aus dem südlichen Palästina stammende Pflanze so abweichend von dem ihm gerade zugänglichen Exemplar des *A. anthoxanthoides* Boiss., daß nicht so leicht an eine Zusammengehörigkeit zu denken war.

Mit diesem eigenartigen Typ mich näher zu befassen, bot sich erst Veranlassung, als ich mich bemühte, das auf meiner zweiten syrischen Reise (1910) reichlich eingesammelte, verschiedenen Formen angehörende *Alopecurus*-Material zu sichten und zu bestimmen. Es stellte sich hierbei heraus, daß sich zunächst kein Exemplar darunter vorfand, welches jener vermeintlich neuen Art aus Palästina entsprach, aber auch keins, welches sich mit jener Pflanze identifizieren ließ, die ich auf der ersten Reise als typischen *A. anthoxanthoides* eingesammelt hatte. Meine Exemplare der zweiten Reise nahmen vielmehr in mancher Hinsicht teils eine Mittelstellung zwischen den Anthoxanthen der ersten Reise ein, teils wichen sie in anderen Beziehungen so von allen Pflanzen ab, daß wieder eine eigene Grasart vorzuliegen schien.

Das Ergebnis eingehender Untersuchungen — wozu wir auch das reiche, im Herbar Gaillardot (jetzt Haussknecht) befindliche syrische Material heranzogen — war, daß *A. anthoxanthoides* Boiss. einen höchst variabilen Formenkreis umfaßt, nicht unähnlich dem, wie wir ihn bei so manchen Gramineen kennen und wie er uns etwa bei *Koeleria phleoides* (sensu Boissier) entgegentritt. Es kommen Variationen vor, die wir für

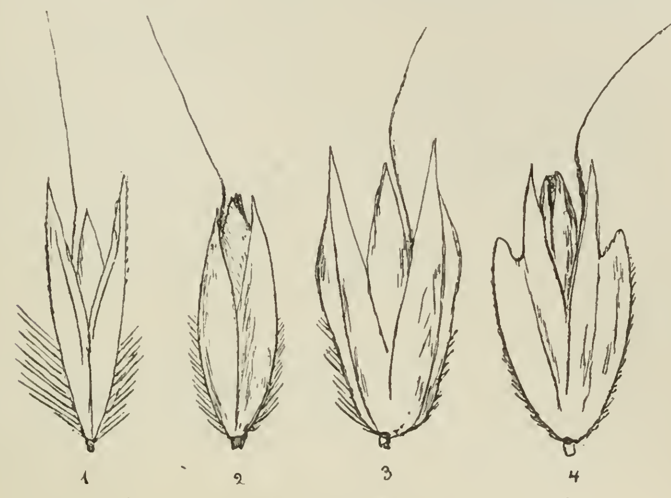
spezifisch verschieden halten müßten, träten nicht da und dort weniger scharf ausgeprägte Formen auf, die jene Artmerkmale verwischen. Von *A. anthoxanthoides* war ein solcher Formenreichtum bisher nicht bekannt; nur Post hatte in seiner „Flora of Syria Palaestine and Sinai" (p. 158) eine allerdings sehr extreme Form als var. *alatus* Post abgetrennt, dessen Diagnose freilich nicht ohne weiteres ein klares Bild, dessen was gemeint ist — eine falsche Interpunktion in der vorangehenden Speziesdiagnose trägt mit dazu bei — gewinnen läßt. Auch *A. Bornmülleri* entpuppte sich nach den genauen Studien Domins, dessen brieflichen Ausführungen ich auch hier folge, nunmehr bloß als eine gute Varietät des *A. anthoxanthoides;* ferner ergab sich, daß zwei andere Varietäten unterschieden werden mußten, von denen die eine eine Mittelstellung zwischen Typus und dem paradoxen var. *alatus* Post einnimmt, während sich die zweite wieder in anderer Richtung vom Typus abgliedert. Nebenbei sei bemerkt, daß irgendwelche Verwandtschaft oder nähere Beziehungen zu *A. setarioides* Gren. (= *A. neglectus* Aznav.)[1]) nicht vorliegen, auch kann von Ähnlichkeit beider Arten, welche beide ganz eigene Typen darstellen, nicht die Rede sein. Die Variabilität des *A. anthoxanthoides* erstreckt sich — abgesehen von der Form der ± gedrängten bezw. lockeren ährenförmigen Rispe — einesteils auf die Form und Größe der Hüllspelzen, auf deren Farbe und Konsistenz sowie ihr Verhältnis zur Deckspelze, anderenteils auf den flügelartigen Ansatz, der häufig dem Kiel der kahnförmig gefalteten Hüllspelzen aufsitzt und bald schmal, bald breit sein kann, bald aber auch ganz fehlt (Typus); mitunter ist er wiederum so breit als die Spelzenseite selbst und läuft alsdann entweder gegen die Spitze aus oder er erweitert sich in einen vorspringenden Zahn (abgestutzt, einer Rückenflosse nicht unähnlich). Freilich in solch extremen Gestalten nur Varietäten einer einzigen Art erblicken zu müssen, wird allerdings jedem, dem nicht die abstufenden Mittelglieder einer solchen Reihe vorliegen, wenig natürlich erscheinen. Zu betonen ist jedoch, daß unter den extremen Formen im Habitus, d. h. im ganzen Aufbau der Pflanze, in ihrem ganzen Auftreten und standortlichen Bedingungen keine Unterschiede vorliegen; auch ist ein geographisches Abgesondertsein der einzelnen Formen nicht zu bemerken. Die uns im Bild der Rispe selbst, bezw. Ährchen, anfremdende, scheinbar spezifische Verschiedenheit ist lediglich nur eine graduelle, hervorgerufen durch den bald fehlenden, bald sehr breiten Flügelaufsatz des Kieles, wodurch das einzelne Ährchen bald sehr schlank,

---

[1]) Spontan bisher nur bei Konstantinopel beobachtet (als *A. neglectus* Azneiv. sp. nov. in Ungar. botan. Blätter X, 1911, no. 8—10 p. 277, tab. II); vgl. die Literaturangaben dieser zuerst aus der Ruderalflora von Marseille und Port-Juvénal (1838; var. ? *juvenalis* Hackel et Thellung) beschriebenen, neuerdings auch in der Schweiz eingeschleppt beobachteten Art in „A. Thellung. La flore adventice de Montpellier" (in Mém. de la soc. nat. d. Sciences nat. et math. de Cherbourg tom. XXXVIII, 1911—1912) p. 99—100 et (in Additions et Corrections) p. 675—676 („Mitteil. aus d. bot. Mus. d. Univ. Zürich LVIII").

bald doppelt so breit erscheint und so der ganzen Rispe ein anderes Gesicht verleiht.

Die der Boissierschen Diagnose des *A. anthoxanthoides* entsprechende Form, die wir als Typus, var. *typicus*, zu bezeichnen haben und die auch die häufigste zu sein scheint, besitzt schmallanzettliche Hüllspelzen (von grüner Färbung), welche die Deckspelze sichtlich überragen; ihr Kiel ist entweder ungeflügelt oder mit einem sehr schmalen Flügelsaum versehen (f. *subalatus*). — An diese Form reiht sich var. *Bornmülleri* Domin, bei welchem die sehr dichten breiteren Rispen weißlich, bezw. lichtstrohgelb,



var. *Bornmülleri*. var. *confusus*. var. *pseudo-alatus*. var. *alatus*.

und die ungeflügelten Hüllspelzen dünnhäutig, fast durchscheinend sind; ihre Seitennerven treten sehr deutlich hervor. — Sehr abweichend von genannten Varietäten ist var. *confusus*. Er besitzt kürzere, breitere ungeflügelte grüne Spelzen, nicht länger als die Glumella (Deckspelze); ihre Behaarung ist kürzer. Da die Spelzen sehr kurz zugespitzt sind, läßt sich diese Abweichung vielleicht als subspec. bezeichnen. Es ist dies jene (seltene) Form, die Domin bei Aufstellung des *A. Bornmülleri* als vermeintlich typischen *A. anthoxanthoides* zum Vergleich vor sich hatte und die auch ich auf der ersten syrischen Reise (und zwar außer var. *Bornmülleri* nur in dieser Form) gesammelt hatte. — Ganz wesentlich anders ist schließlich das Ährchenbild bei var. *alatus* Post und var. *pseudo-alatus*[1]). Bei letzterem verläuft der breite Flügelsaum des Spelzenkiels oberhalb der Mitte allmählich in die flügelfreie Spitze aus; bei var. *alatus* ist der sehr breite Flügel plötzlich abgestutzt und, wie oben bereits beschrieben, in einen Zahn auslaufend erweitert (es ist eine bisher selten beobachtete Varietät).

---

[1]) Der Name *pseudo-alatus* ist natürlich nur in Hinblick auf den bereits vorhandenen Postschen Namen *alatus* verständlich und darauf bezugnehmend gewählt. — Textzeichnung (schematisch) von Prof. Dr. Domin.

Bei diesen beiden Varietäten sind die Spelzen grünlich, nur die Ränder und der Kielflügel sind etwas dünnhäutig und lichter gefärbt. Die Behaarung der Spelzen ist bei var. *alatus* eine minimale, auch bei var. *pseudo-alatus* ist sie gering. Die langen Haare im unteren Teil der Spelzen sind am ausgeprägtesten bei var. *Bornmülleri* vorhanden, mehr noch als bei var. *typicus*.

Dispositio varietatum.

1. Glumae complicatae dorso (ad carinam) non alatae:
   a) glumae anguste lanceolatae, sensim angustatae, glumellam superantes, virescentes: var. *typicus* Bornm. et Domin.
   b) uti var. *typicus*, sed glumae omnes totae scariosae, stramineae, nitidae, nervis lateralibus prominentibus; spicastra densa latiuscula: var. *Bornmülleri* Domin.
   c) uti var. *typicus*, sed glumae abbreviatae, late lanceolatae breviterque acuminatae, glumella vix longiores: var. *confusus* Bornm. et Domin.
2. Glumae ... dorso (ad carinam) anguste alatae, virescentes: var. *typicus* f. *subalatus* Bornm. et Domin.
3. Glumae ... dorso late alatae, virescentes hyaline marginatae:
   a) ala supra glumae medium sensim vel subito angustata: var. *pseudo-alatus* Bornm. et Domin.
   b) ala perlata (glumae complicatae aequilata), supra medium perabrupte truncata (semi-obcordata) et in dentem latam ampliata: var. *alatus* Post.

Verbreitung.

1. var. *typicus*; verbreitet im Küstengebiet Syriens am Nahr el-Kelb (no. 12944 c); Libanon bei Bhamdun, 1200 m (no. 12943, 12946). — Antilibanon, oberhalb Baalbek, 1600 m (no. 12938 b). — Palästina, Safed, 800 m (no. 1610).
   f. *subalatus*; Beirut, Nahr el-Kelb (no. 12942 a). — Libanon, bei Bhamdun, 12—1300 m (no. 12943 b); bei Ain Zahalta, 13—1400 m (no. 12945). — Z. B. auch bei Tripolis (leg. Blanche), Aleppo (leg. Hausskn.).
2. var. *Bornmülleri*; Palästina, Gebirge bei Artas (Bornm. no. 1656); Jordantal, bei „Tellel-Kadi", 160 m (Dinsmore legit; no. 3780).
3. var. *confusus*; Palästina, bei Jaffa (no. 1610). — Libanon, zwischen Brummana und dem Dschebel Sannin, nahe der Quelle (10. VI. 1904 leg. Kneucker); Dschebel Baruk (leg. Hartmann; in herb. Velenovský ex cl. Domin).
4. var. *pseudo-alatus*; Beirut, im Tale des Nahr el-Kelb (no. 12944b). — Libanon, bei Bhamdun 12—1300 m (no. 12943 a).
5. var. *alatus*; Küstengebiet, bei Saida (leg. Blanche, no. 96; Herb. Haussknecht).





H. Glück.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





II A.

II B.

A.

I.

B.

C.

H. Glück.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.





Beihefte

zum

Botanischen Centralblatt.

Original-Arbeiten.

Herausgegeben

von

Geh. Regierungsrat Prof. Dr. O. Uhlworm
in Berlin

unter Mitwirkung von

Prof. Dr. Hans Schinz in Zürich.

Band XXX.

Zweite Abteilung:
Systematik, Pflanzengeographie, angewandte Botanik etc.

Heft 3.

1913
Verlag von C. Heinrich
Dresden-N.

Ausgegeben am 1. September 1913.

Inhalt.

Die Beiträge erscheinen in zwangloser Folge. Jeder Band umfaßt 3 Hefte. Preis des Bandes **M. 16.—**.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen oder direkt vom Verlage C. Heinrich, Dresden-N.

Zusendungen von Manuskripten und Anfragen redaktioneller Art werden unter der Adresse: Geh. Regierungsrat Professor Dr. O. Uhlworm, Berlin W., Hohenzollerndamm 4, mit der Aufschrift „Für die Redaktion der Beihefte zum Botanischen Centralblatt“ erbeten.

Die Entwickelungsgeschichte der Flora der holländischen Dünen.

Von

Jakob Jeswiet, Haarlem.

Mit Tafel XIV bis XVI und 9 Abbildungen im Text.

Einleitung.

Die Existenz zweier Floren in den Dünen, einer Heideflora und einer echten Dünenflora, hat wiederholt die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen und mancherlei Erklärungsversuche veranlaßt.

Der Geologe STARING (1856) war der erste, der sich darüber äußerte. Bei der Besprechung der Vegetation von Huisduinen sagt er, daß diese so viel Übereinstimmung mit derjenigen der diluvialen Heiden im Osten des Landes zeigt, daß man sich dorthin versetzt glaube. In dieser Übereinstimmung sieht STARING einen Beweis für eine diluviale Natur dieses Bodens, auch von Texel und Ameland. Auch KOPS (1798) hatte bereits mehrfach, so beim Besprechen des heutigen „Zwanewaters" und der Dünen von Bergen, auf das Vorkommen der Heidevegetation hingewiesen. An anderen Stellen erwähnte er das Vorkommen und das Fehlen von Kalk, ohne aber den Zusammenhang zwischen diesem Faktor und der Dünenvegetation zu ahnen. LE FRANCQ VON BERKHEY (1774) hatte drei Regionen nebst den sie charakterisierenden Floren unterschieden, aber seine Einteilung war eine topographische, wodurch die Elemente der beiden Floren durcheinander gemischt erscheinen.

A. P. DE CANDOLLE (1779) unterschied die „Dunes stables, Dunes mobiles, Dunes intérieures, Dunes de sable, Vallons humides, Vallons secs, Bruyères des Dunes" etc. und sagt einmal „*Convallaria Polygonatum* dans les dunes postérieures de Haarlem; les dunes y sont plus consistantes que d'ordinaire". Weiter „*Erica tetralix* dans les dunes intérieures". Keine der hinzugefügten Bemerkungen zeigt aber, daß die zwei Floren als solche seine Aufmerksamkeit erregt haben.

Es ist vor allem VAN EEDEN, welcher sich in seinen vielen, über die Dünenflora publizierten Arbeiten die Mühe gibt, den Unterschied der beiden Floren hervorzuheben. Auch er betrachtet

die Heidevegetation der Dünen als eine diluviale Flora und versucht ihre Verbreitung darzustellen. Leider benützt er für die Erklärung der mit großer Klarheit beschriebenen tatsächlichen Verhältnisse eine durchaus nicht bestätigte Vorstellung über den Lauf des Rheins durch Nordholland und die Hypothese einer stellenweisen Verbreitung von diluvialen Böden, welche gleichfalls nicht bewiesen ist. Denn LORIÉ (1893) hat klar gezeigt, daß die Dünen zwischen Texel und Hoek van Holland überall auf alluvialen Sanden liegen und daß die Muschelbank unter ihnen verläuft. Auch hat er die Vermutung VAN EEDEN's über einen früheren Lauf des Rheins durch Nordholland als irrtümlich nachgewiesen. Flußsedimente sind in Nordholland gar nicht zu finden.

Den Unterschied der Floren führt LORIÉ (1893) auf das Alter der Binnendünen und ihren Mangel an Kalk zurück. In den Binnendünen war seiner Ansicht nach im Lauf der Zeiten der Kalk ausgelaugt und hatte sich im Grundwasserniveau angesammelt. Auf diesen Unterschied im Kalkgehalt übe nur die Nähe des Meeres einen Einfluß aus.

Wiewohl LORIÉ positive Daten für seine Behauptungen anführt, finden wir bei VUYCK (1898) noch folgendes: „Die Dünen sind gebildet worden auf alluvialen Sedimenten, hier und da von diluvialen Hügeln unterbrochen ... Vielleicht hat man (neben geologischen Beweisen) eine noch schärfere Reaktion auf diese diluvialen Böden in der Vegetation; denn wo wir bei Loosduinen, Schoorl, Bergen, *Calluna*, *Erica* usw. antreffen, da können wir wohl sicher auf einen diluvialen Boden schließen ... Es kommen einige Pflanzen vor, die einen mehr oder weniger diluvialen Charakter tragen .... Ich stelle mir vor, daß in den Dünenketten diluviale Hügel vorhanden sind ... Höchstwahrscheinlich sind hier und da die Flächen bis auf diese Diluvialhügel ausgeweht, wodurch die ursprüngliche Vegetation erhalten geblieben ist."

Ich verlebte meine Kindheit in Haarlem, das in der Mitte der Dünenlandschaft liegt. Bei Spaziergängen wurde es mir geläufig, daß die Binnendünen vielfach große Bäume tragen, während die Außendünen nur spärlich bewachsen sind. Später lernte ich den Unterschied zwischen den Sanden der „Außendünen" und der „Binnendünen" kennen. Die ersteren lassen sich schwierig, die letzteren sehr gut für die Kultur benützen. Auch die beiden Floren haben stets meine Aufmerksamkeit erregt und anfangs war ich überzeugt, daß durch die von LORIÉ angegebenen Ursachen ihre Verschiedenheit vollkommen erklärt werden könne. Als ich mir dann aber die Aufgabe stellte, die Verbreitung dieser Floren genau zu verfolgen, ergab sich, daß die Flora der „Binnendünen" sich wiederholt zwischen die Meeresdünen drängt, und daß sie sogar von Bergen bis Groet das Meer erreicht. Überall dort, wo Niederungen weit nach Westen vordringen, werden sie durch diese Flora gekennzeichnet. Sobald ich dieses festgestellt hatte, fand ich an verschiedenen Stellen die Floren des kalkarmen und des kalkreichen Bodens keilförmig ineinander geschoben. Auch be-

obachtete ich, daß stellenweise auf den kalkarmen, meist niedrigen Dünen, kalkreiche Dünen mit der sie begleitenden Flora aufgesetzt waren.

Meine vorläufigen Untersuchungen über den Kalkgehalt zeigten dann bald, daß dessen Verteilung keine so einfache ist, wie es LORIÉ angegeben hat. Niemals fand ich eine langsame Zunahme, dagegen war stets da, wo die beiden Floren aneinander grenzten, ein ziemlich plötzlicher Unterschied von etwa 3 % an Kalk zu beobachten. Solche Unterschiede im Kalkgehalt wären noch erklärlich gewesen, wenn sie sich nur stellenweise gezeigt hätten. Ich fand sie jedoch an der ganzen Küste ausgeprägt. Dieses wies nicht allein auf einen Altersunterschied, sondern auch auf eine allgemeine Überschüttung aus dem Westen hin. Wieweit diese gegangen war, konnte ich vorläufig an dem stellenweise tiefen Eingreifen der „Außendünen"-Flora in die „Binnendünen"-Flora feststellen.

In der Literatur fand ich über eine solche Transgression der Dünen und über ihr Alter wenig oder nichts Bestimmtes vor. Nur kleine, zerstreute Andeutungen in dieser Richtung waren vorhanden. Deshalb stellte ich mir als Aufgabe für die vorliegende Arbeit, die Faktoren, welche den Dünenboden und seine Flora so stark beeinflußt hatten, zu ermitteln. Daß meine Untersuchungen sich dadurch zunächst mehr auf geologischem, mineralogischem, chemischem und meteorologischem Gebiete bewegt haben als auf botanischem, ist leicht begreiflich.

Ich habe das Gebiet von Helder bis Hoek van Holland behandelt, und dabei einige Strecken ihrer Wichtigkeit wegen bevorzugt. Einzelne Stellen, die ich sehr gerne besuchen wollte, waren leider nicht zugänglich und dadurch wird meine Arbeit hier und da Lücken aufweisen, wie z. B. bei Haag und zwischen Wyk aan Zee und Egmond. Doch glaube ich, daß es mir gelungen ist, die wesentlichsten Faktoren der eigentümlichen Florenverteilung in unseren Dünen festzustellen und zu zeigen, daß die alte Dünenlandschaft in historischen Zeiten stellenweise, und namentlich in der Gegend von Zandvoort und Haarlem, von neuen Dünen überschüttet worden ist.

Abschnitt I.

Die Entwickelungsgeschichte der Dünenlandschaft.

§ 1. Geographische Verhältnisse.

Die Dünenküste von Holland macht nur einen kleinen Teil der großen Dünenkette aus, welche — bei Calais in Nordfrankreich beginnend — von Südwesten nach Nordosten bis an die Insel Vlieland läuft, dann östlich umbiegt, um endlich bei der Elbemündung bis zur dänischen Halbinsel Skalligen vorzudringen. Im westlichen Teile schließen die Dünen unmittelbar an das hinterliegende Polderland an, im Norden bilden sie Inseln und sind einem Wattenmeer von sehr geringer Tiefe vorgelagert,

hinter welchem Friesland und Groningen liegen. Zu diesem Meer gehört auch die Zuiderzee, ein großer Busen, welcher weit landeinwärts dringt und sehr seicht ist.

Der holländische Teil dieser Dünenkette fängt in Zeeuwsch-Vlaanderen mit den Dünen von Cadzand an[1]). Diese sind ebenso alt, wie die so musterhaft und eingehend von Professor MASSART und seinen Schülern beschriebenen belgischen Dünen. Die Dünenkette ist hier sehr schmal und wird von Deichen unterbrochen. Um das dahinterliegende Land besser zu sichern, liegt ein zweiter Deich weiter landeinwärts. Von Zeeuwsch-Vlaanderen bis Hoek van Holland ist die Dünenkette in Inseln aufgelöst. Hier münden die Flüsse Rhein, Maas und Schelde. Die Dünenreste auf diesen Inseln sind teils sehr neuen, teils älteren Ursprungs.

Weil das Meer in dieser Inselgruppe öfters große Verheerungen anrichtete, war es die Aufgabe der Menschen, diesen Feind zu bewältigen. Während dieses Kampfes und auch jetzt noch änderte sich die Form der Inselgruppe Zeelands und Südhollands unaufhörlich. Fortwährend werden Teile von Meeresarmen und Flußmündungen trocken gelegt und als fruchtbarer Boden dem Lande zugefügt, während die hohen Sturmfluten dann und wann Deiche durchbrechen und das hinter ihnen liegende Land überschwemmen. Wo ein natürlicher Schutz gegen das Meer vorhanden war, wie z. B. die Dünen, hat man sie deshalb möglichst zu sichern und ihr Wachstum zu fördern gesucht.

Schon zur Römerzeit war die Dünengegend der heutigen Insel Walcheren bewohnt und bei Domburg sieht man bei sehr niedrigem Wasserstand im Meere öfter die Reste eines alten Tempels, des Nehallenniatempels. Darin gefundene Münzen trugen die Jahreszahlen 267 und 270 n. Chr. (STARING 1856). Im Jahre 1430 waren dort die Dünen fast ganz durch den Wellenschlag verschwunden; den Rest flachte man zu einem Sanddeich ab und beschwerte ihn mit Steinen. Dieser Westkappelsche Dijk ist ± 3,8 km lang, seine Höhe beträgt 5 m über Hochwasser. Viele Wellenbrecher oder Buhnen sind ihm vorgelagert. In der ersten Zeit seiner Befestigung wurde er vom Meere dreimal durchbrochen, und zwar in den Jahren 1477, 1509 und 1530.

Die Reste der ursprünglichen Vegetation dieses Deiches sind so stark vom Menschen beeinflußt worden, daß sie pflanzengeographischen Zwecken nicht mehr dienen können. Im Norden bildeten sich Dünen, welche jedoch wieder verschwanden, und später entstand hier eine Sandbank, „Breezand" genannt, auf der sich eine neue Dünenlandschaft gebildet hat.

Die Insel Schouwen war schon früh bewohnt und im Jahre 976 als Pagus Scaldis bekannt. Ihr älterer Teil besteht aus der Dünenkette und aus den tiefsten Poldern. Ursprünglich bestand die Insel aus sechs Teilen, welche durch Meeresarme getrennt waren. Diese wurden vom Meere abgeschlossen und verlandeten;

---

[1]) Die geographische Beschreibung entnehme ich hauptsächlich BEEKMAN: Nederland als Polderland.

als letzte Spuren sind jetzt noch einige Sümpfe vorhanden. Diese Dünenlandschaft liegt auf der Nordwestseite der Insel.

Auf der Insel Goedereede waren schon im XV. Jahrhundert an der Nordwest- und Nordküste Dünen vorhanden. Westlich von ihnen wurde im Jahre 1494 ein großer Polder gewonnen, dessen Deich als Sandfang gegen Westen diente und die Neubildung von Dünen ermöglichte. Vor diesem Deiche wiederholte sich derselbe Vorgang und entstand eine dritte Dünenlandschaft. Im Norden der Insel sind die Dünen am schmalsten und hier werden sie mittelst Wellenbrecher geschützt.

Die Insel Voorne bestand früher ebenfalls aus mehreren Teilen, welche später vereinigt worden sind. Der westliche Teil ist der ältere und trug schon lange Dünen auf seiner Nord- und Westseite. Später, nach der Vereinigung mit den östlichen Teilen, entstanden im Südwesten neue Dünen.

In den großen Flächen hinter den Vorderdünen liegen Tümpel und östlich davon befindet sich ein kleiner See, „Meertje van Rokanje", in welchem alle darin gebrachte Gegenstände mit kohlensaurem Kalk überzogen werden. Höchstwahrscheinlich ist dieses eine Wirkung von Organismen, denn man trifft auch Kalkstücke an, welche keinen Fremdkörper als Zentrum haben. Den größten Anteil an diesen Bildungen haben wohl die Bryozoen.

Nördlich von Voorne liegt die Insel Hoek van Holland, welche vom Festlande durch den Kanal „Nieuwe Waterweg", einer Verbindung von Rotterdam mit dem offenen Meere, getrennt ist. Diese Insel wächst stark an und zeigt neue Dünen- und Marschenbildung.

Von hier aus erstreckt sich nördlich die eigentliche Dünenkette der Provinzen Nord- und Südholland. Sie ist von Hoek van Holland bis Kamp an drei Stellen, und zwar künstlich unterbrochen worden. Bei Hoek van Holland sind die Dünen wirklich noch als eine Dünenlandschaft zu betrachten. Etwas mehr nördlich nehmen sie stark an Breite ab, und bis Loosduinen sind sie sehr schmal und meistens zu einem Deich, dem „Noordlandsche Dyk", nivelliert, dem etwa 40 Wellenbrecher vorgelagert sind. Hinter den Dünen findet man Wiesen, dann einen Lehmdeich, nachher wiederum Wiesen und schließlich niedrige Binnendünen. Diese letzteren sind teilweise künstlich abgetragen worden. Von Loosduinen an wird die Dünenkette breiter und reihen sich die Binnendünen und „Geestlande" an sie an, auf denen die älteren Städte und Dörfer Hollands liegen, wie z. B. Haag, Leiden und Haarlem.

Westlich von Leiden, bei Katwyk, mündete ehemals ein Rheinarm ins Meer und unterbrach somit die Dünenkette. Diese Stelle ist durch Flußablagerungen gekennzeichnet, und zwar hauptsächlich durch Lehm, welcher auf einer Torfschicht ruht. An dieser Rheinmündung bauten die Römer eine Festung, die „Arx Brittaniae", welche auch Brittenburg genannt wird, und im Jahre 1695 sah man bei sehr niedriger Ebbe zum letztenmal die Fundamente dieser Burg und sammelte Steine und Münzen in ihr. Diese Münzen tragen jüngere Jahreszahlen als die in dem Nehallennia-

tempel (195—220 n. Chr.) gefundenen. Dieser Rheinarm verlandete allmählich und wurde später ganz vom Hauptfluß abgeschlossen, während das Rheinwasser seinen Weg größtenteils durch die Lek fand.

Im Jahre 1571 ist dort ein Kanal durch die Dünen gegraben worden, welcher jedoch bald unbrauchbar wurde und dessen Reste jetzt noch nördlich von Katwyk zu sehen sind. Die jetzige Durchgrabung kam in den Jahren 1804—1808 zustande und ist gegen das Meer durch Schleusen abgeschlossen. Infolge dieser Kanalisation gelangt jetzt bei Katwyk kein Rheinwasser mehr in das Meer (Beekman). Obwohl schon früh kanalisiert und dadurch seines Flußcharakters völlig beraubt, ist dieser „Oude Ryn" nicht ohne Einfluß auf die Pflanzenverbreitung geblieben. Er bildete eine natürliche Grenze, welche aber später durch die Entwickelung des Verkehrs allmählich seine Bedeutung verlor.

Von Leiden an nehmen sowohl die Binnendünen als auch die Außendünen gegen Norden an Breite zu; die ersteren sind zwischen Haarlem und Zandvoort am breitesten. Bei Velsen sind die Dünen in neuerer Zeit durch den Nordseekanal unterbrochen worden. Hier liegt am Meere der Vorhafen Ymuiden. Zwei hohe ± 1,5 km lange steinerne Dämme schützen die Einfahrt. Nördlich vom Nordseekanal behalten die Dünen ihre volle Breite, bis sie bei Groet und Kamp plötzlich aufhören und schroff und hoch an einen großen, fruchtbaren Polder grenzen. Hier tritt an die Stelle der Dünenlandschaft eine flache, grüne, fruchtbare Ebene, welche von einem mächtigen Deich geschützt wird, der von Kamp bis Petten 5,5 km lang ist und dem viele Wellenbrecher vorgelagert sind.

Im Jahre 1421 wurden hier bei einer Hochflut die Dünen zerstört, das Dorf Pethem mit seinen 400 Bewohnern vernichtet und eine Bresche in den Strandwall geschlagen. Diese Bresche wurde 1422 ausgebessert und als Sicherung wurde noch ein Lehmdeich hinter dem Sanddeich und den Dünenresten aufgeworfen. Dieser Deich und ein noch später angelegter verschwanden samt den Dünenresten im Jahre 1464 und bald darauf, im Jahre 1466, stellte man dem Meere wiederum eine neue Barrière entgegen. Im Jahre 1780 reichte diese auch nicht mehr aus und wurde der jetzige Deich mehr landeinwärts gebaut; eine Arbeit, mit der man zum Teil schon im Jahre 1745 begonnen hatte. Fünfzig Häuser und das Rathaus mußte man vor dem Deich stehen lassen und diese fielen dem Meere zum Opfer. Bei Petten (Pethem bi der Zype) endete früher das holländische Festland. Nördlich war ein großer, flacher Strand und zwei Inseln: t'Oghe, jetzt „Callantsoog" und Huisduinen. Durch die Öffnungen zwischen diesen Inseln standen die Nordsee und die Zuiderzee miteinander in Verbindung. Nachdem die Dörfer fast verschwunden und die Inseln beinahe vernichtet waren, wurden im Jahre 1610 die Reste miteinander und mit dem Festlande mittels eines Sanddeiches verbunden. Vor diesem haben sich neue Dünen gebildet und demzufolge ist hier jetzt, 300 Jahre später, eine neue Dünenkette vorhanden.

Zwischen dem alten „Zanddyk" und den vorgelagerten neuen Meeresdünen liegen langgestreckte Täler mit Tümpeln ohne Abfluß. Von Petten an nehmen die Dünen an Breite zu, um bei Callantsoog (früher t'Oghe) sehr schmal zu werden. Bei Huisduinen werden die Dünen breiter und es bildet sich eine große Binnendünenlandschaft, wie auch südlich von Callantsoog. Zerstreut zwischen diesen beiden Komplexen liegen in den Poldern kleine alte Dünen, sogenannte „Nollen", vielleicht Reste ehemaliger Sanddeiche. Im ganzen nördlichen Teil nimmt der Strand stark ab. Das Meer vertieft sich und das Gefälle des Strandes wird dadurch stärker. Wo jetzt die Kriegsschiffe nach Helder einfahren, war früher ein Vorland. Sandbänke und Küstenlinie ändern sich unaufhörlich unter dem Einfluß der Meeresströmung. Der Strand wird schmäler und die Hochwasserlinie nähert sich mehr und mehr dem Dünenfuß. Diese Änderungen werden mittels 117 Meilenpfählen von Helder bis Hoek van Holland gemessen. Gleichzeitig mit der Abnahme des Strandes begann eine solche der Außendünen, wobei öfter sehr schöne Profile zutage getreten sind. Die nördliche Strecke hat überall steil abgebrochene „Dünenkliffe" (Braun 1911).

Bei Huisduinen fängt die „Zeewering von Helder" an, ein Basaltdeich, welcher die Nordspitze von Holland schützt. Hier stehen die Nordsee und die Zuiderzee durch „Helsdeur" und „Marsdiep" miteinander in Verbindung, und hat die starke Strömung einen natürlichen Hafen, den Kriegshafen von Helder, geschaffen.

Weiter nördlich ist die Dünenkette in Inseln aufgelöst. Nacheinander folgen: Texel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog und Rottum, alle durch Meeresarme voneinander getrennt. Hinter diesen liegt ein seichtes Wattenmeer, das nur von wenigen tiefen Furchen durchschnitten ist und in welchem viele der Sandbänke nur bei Hochwasser vom Meere bedeckt sind. Da sie allmählich wachsen, geht das Wattenmeer einer Verlandung entgegen, welche das Festland voraussichtlich einmal wieder mit der Inselkette verbinden wird. So war es schon früher in der Römerzeit, als die Dünenkette an mehreren Stellen unterbrochen war und die heutigen Inseln, wenn auch in etwas anderer Form, Dünenkomplexe bildeten. Damals mündete die Eems bei Rottum, die Lauwers bei Schiermonnikoog, während zwischen Ameland und Terschelling ein Meeresbusen mit dem offenen Meere in Verbindung trat. Zwischen Vlieland und Terschelling mündete ein Strom, Vlie genannt, vielleicht ein Abfluß des Sees Flevo, des Vorläufers der späteren Zuiderzee. Dieser lag in einer großen Moorlandschaft und wurde von Eem und Yssel (einem Abfluß des Rheins) gebildet. Der See Flevo vergrößerte sich, weil der ihn umgebende Torf abgeschlagen und vom Meere weggespült wurde. So erhielt im XIII. Jahrhundert die Zuiderzee ihre jetzige Gestalt. Im Mittelalter hatte sich ihre Oberfläche bedeutend vergrößert und wurde sie Almare genannt. Am Vlie lagen da, wo jetzt das Wattenmeer ist, große Städte und viele Dörfer. Sehr bedeutend war die Handelsstadt Grint mit einer damals bekannten Kloster-

schule, welche Stadt samt ihrer Umgebung im Jahre 1287 verschwunden ist. Im Jahre 1398 war nur noch eine kleine Insel übrig und jetzt ist noch eine Sandbank da, auf der Möwen zwischen spärlichen Halmpflanzen nisten. Die Stadt Harlingen, welche jetzt an der Zuiderzee liegt, war früher, 1234, durch einen Kanal über Grint mit der Nordsee verbunden. Der Torfboden verschwand schnell, auch Sand und Lehm nahmen beträchtlich ab, und nur die diluvialen Blocklehme und Sandhügel, sowie die Deiche leisteten Widerstand. Zwischen ± 1170 und ± 1400 sind die Zuiderzee und das Wattenmeer entstanden. In Chroniken und Archiven findet man die Namen der jetzt verschwundenen Dörfer und Städte. Im Laufe von drei Jahrhunderten ist dieser ganze Boden, der mit Wäldern und menschlichen Ansiedelungen bedeckt war, vom Meer verschlungen und jetzt ragen nur noch die diluvialen Inseln Urk, Schokland und Wieringen aus dem Meer hervor. Vom Wattenmeer und von der Zuidersee sind inzwischen schon viele Teile wieder eingedeicht worden und die Pläne für die Trockenlegung der Zuiderzee harren ihrer Ausführung. Wenn auch Teile unserer Westküste beständig abnehmen, wird doch an vielen anderen Stellen wieder neues Land gewonnen und in nicht allzu langer Zeit wird voraussichtlich der frühere Zustand: ein Tiefland mit vorlagernder Dünenküste wieder erreicht sein.

§ 2. Topographie.

Nach Blink (1892) ist die niederländische Küste 276 km lang. Für das von mir untersuchte Gebiet gibt dieser Verfasser folgende Zahlen für die Breite der Dünen:

Huisduinen-Callantsoog	±	420 m
Callantsoog-Petten	±	1000 ,,
Bei Schoorl	±	4000 ,,
,, Bergen	±	3000 ,,
,, Egmond a. Zee	±	1500 ,,
,, Castricum	±	3000 ,,
,, Wyk aan Zee	±	1500 ,,
,, Haarlem	±	3000 ,,
,, Noordwyk	±	700 ,,
,, Wassenaar	±	3000 ,,
,, Scheveningen	±	2500 ,,
,, Loosduinen	±	40 ,,
,, 's Gravesande	±	14 ,,

Diese Zahlen sind gewiß hier und da, z. B. bei Haarlem, Wyk, aan Zee und Loosduinen zu klein. Namentlich sind bei der erstgenannten Stadt die Dünen mehr als 4000 m breit.

Die großen Unterschiede in diesen Werten rühren von dem unregelmäßigen Verlauf der Grenze der Dünen an der Landseite her; denn die Küstenlinie ist an der Meeresseite nur schwach gebogen und im nördlichen Teil fast gerade. Der Strand ist bei Ebbe ± 115 m breit, bei Flut ± 51 m. Die Höhe der Dünen schwankt zwischen 5—60 m. Von den angeführten Zahlen sind

wegen der großen Veränderlichkeit der Dünenlandschaft nur die der letzteren Zeiten zuverlässig. Die mittlere Höhe ist ± 10 m + AP[1]), aber in der Nähe von Haag und Hoek van Holland ist sie nur ± 7 m + AP.

Die unten folgenden Höhenzahlen der Dünengipfel wurden vor einigen Jahren vom früheren Ingenieur bei der Reichskommission für Gradmessung und Nivellierung, Herrn HK. J. HEUVELINK, jetzt Professor an der Technischen Hochschule in Delft, bestimmt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, hier Herrn Professor HEUVELINK für seine mir gütigst mitgeteilten Angaben zu danken.

Die meisten der betreffenden Gipfel tragen Signale für das trigonometrische Netz.

Jahr der Aufnahme	Name der Düne	Höhe über NAP
1893	△ punkt. Brederode	48 m
1893	△ „ Berkheyde	37 „
1893	△ „ Teunis-duin	38,5 „
1895	△ „ bei Schoorl	56,5 „
1910	Düne zwischen Haag und Wassenaar	19,4 „
1907	Düne zwischen Scheveningen u. Loosduinen	25,5 „
1911	Düne „Prinsenberg“	25 „

Die Dünentäler liegen auf einem vom Grundwasser beeinflußten Niveau (s. oben). Die östlichen Längstäler sind die ältesten und liegen etwa auf NAP. Diese tiefe Lage ist teilweise der allmählichen Senkung zuzuschreiben, welcher die ältesten Täler länger unterworfen waren, als die jüngeren. Die westlich davon gelegenen jüngeren liegen höher, bis zu 4 m + NAP (DUBOIS 1910).

Wie aus den auf der folgenden Seite gegebenen Profilen zu sehen ist, ist die Fläche des Grundwasserspiegels in großen Zügen eine konvex gebogene (s. Profil I, Fig. 1) und liegt die Bodenhöhe des Polderlands zwischen 0—6 m unter NAP (vgl. Profil II, Fig. 2).

Man unterscheidet tiefe Polder von 3—6 m — NAP und untiefe von 1,5—2,5 m — NAP. Das Land liegt überall viel tiefer als die Kanäle und eingedeichten Flüsse und kann nur durch fortwährende Entwässerung trocken gehalten werden, obgleich es in trockenen Zeiten wieder bewässert werden muß. Das überflüssige Wasser wird durch Windmühlen und Dampfmaschinen mittels Kanäle oder unmittelbar in das Außenwasser gebracht und bei Ebbe durch die Schleusen abgeführt.

Will man sich über den Lauf der Sandbänke und der Rinnen zwischen diesen sowie über den Strandwall eine Vorstellung machen, so muß man die Seekarte zu Rate ziehen, weil die topo-

[1]) AP = Amsterdamer Pegel ist die wagerechte Ebene der mittleren Höhe der Flut im Hafen von Amsterdam, als dieser noch in offener Verbindung mit dem Meere stand. NAP ist der aufs neue festgestellte AP.

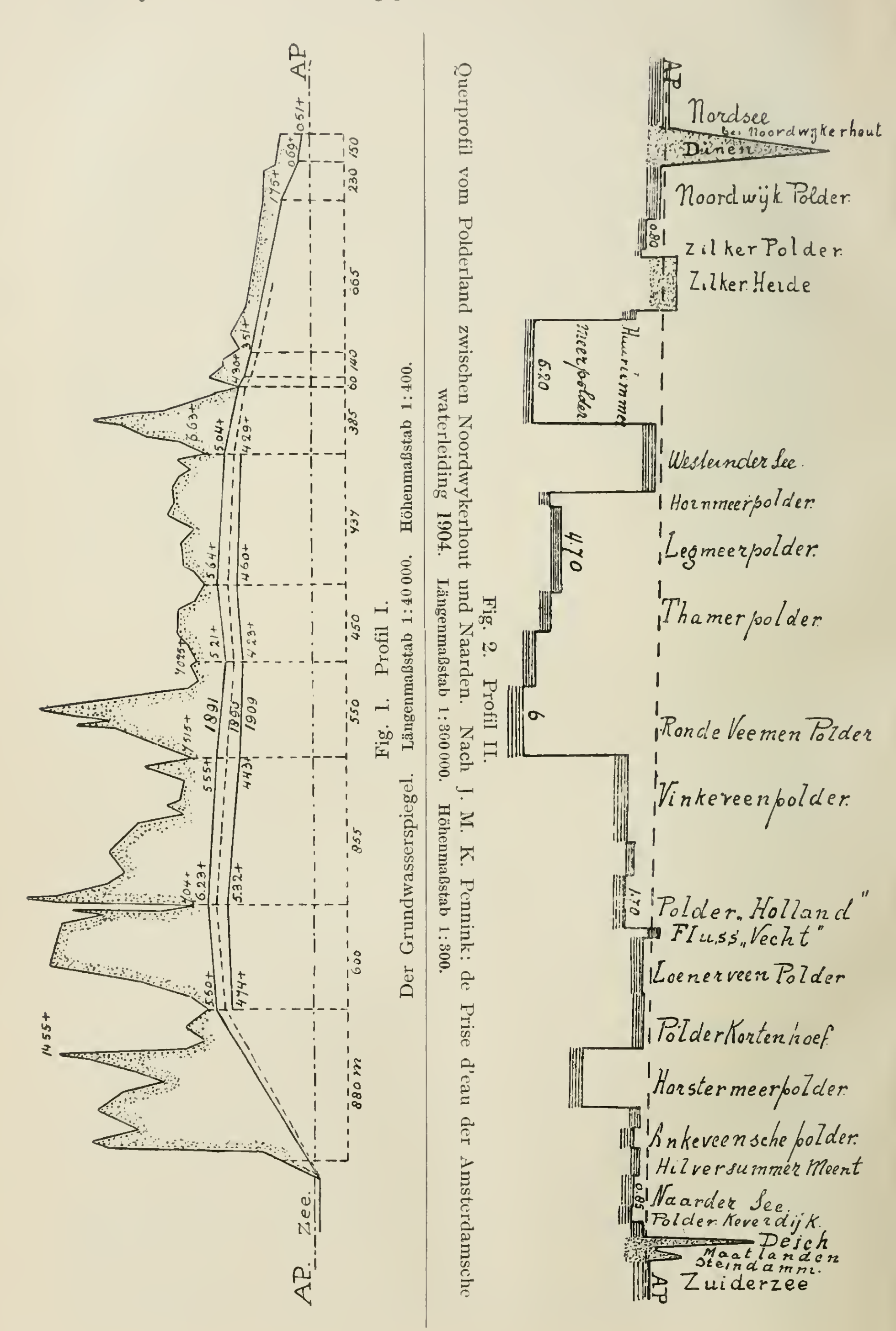


Fig. 1. Profil I.
Der Grundwasserspiegel. Längenmaßstab 1:40 000. Höhenmaßstab 1:400.

Fig. 2. Profil II.
Querprofil vom Polderland zwischen Noordwykerhout und Naarden. Nach J. M. K. Pennink: de Prise d'eau der Amsterdamsche waterleiding 1904. Längenmaßstab 1:300 000. Höhenmaßstab 1:300.

graphische Karte 1:25000 hierüber keine Angaben enthält, ebensowenig wie über die Höhen der Dünen.

Die übliche Form von parallel verlaufenden Ketten, senkrecht zur Richtung der herrschenden Winde, also ungefähr von Süden nach Norden, weisen nur die jungen Dünen auf. Die alten zeigen ein unregelmäßiges Durcheinander, in das die südwestwärts bis nordostwärts gerichteten Windstraßen einige Gesetzmäßigkeit bringen. Auch wird die topographische Form fast immer durch die Vegetation beeinflußt, und ist die Gestalt der Düne von der Pflanzenart abhängig, die sie bildete, wie schon WARMING (1909) und REINKE (1903) angegeben haben. Umgekehrt beeinflußt auch die topographische Form die Verbreitung der Pflanzen. Es gibt also drei Faktoren, welche der Dünenlandschaft ihre Form verleihen: Wind, Grundwasser und Bewachsung.

Im Westen des Landes ragen die Dünen und ein Teil der Geestgründe über das Flutniveau empor und dieser Umstand bedingt es, daß alles Wasser der Dünen nur Regenwasser sein kann.

Hier sei die Benennung der einzelnen Teile der Dünenlandschaft, welche der Bevölkerung geläufig ist, obwohl nicht vollständig, erwähnt.

Niederländisch		Bedeutung
1. Achterduin	=	Dünenkomplex nach der Meeresseite.
2. Middenduin	=	mittlere Düne.
3. Voorduin	=	innere Düne des äußeren Komplexes.
4. Binnenduin. 4 a) Olmers. 4 b) Nollen	=	Binnendüne. a) Düne nach der Meeresseite. b) Dünen im Polderland zerstreut.
5. Zeelooper Strandlooper Zeereep	=	Vordüne.
6. Voorlooper	=	innere Düne des äußersten Komplexes.
Kling	=	Hügelreihe.
7. Duin Berg	=	Düne.
8. Pan Del	=	Dünenkessel.
9. Vlak	=	Dünenebene.
10. Stuifduin	=	Wanderdüne.
11. Blinkert	=	bewegliche, weiße Düne.
12. Windgat	=	Windmulde.
13. Water (wie Zwanewater, Quaekjeswater)	=	Teich, Tümpel.
14. Slag	=	Weg vom Strande nach dem Innenlande.
15. Rel	=	Bächlein.

Wird der Sand vom Winde aufgewirbelt, so spricht man von „Rookende duinen" = wörtlich „rauchende Dünen". Die Dünen, welche sich direkt dem Polderlande anschließen und für dessen Bevölkerung also am leichtesten zu erreichen sind, werden von ihr Vordüne „Voorduin" genannt, welcher Name leider in der geologischen Nomenklatur eine gerade entgegengesetzte Bedeutung hat. Die hohen, in regelmäßigen Ketten gereihten Dünen auf der Meeresseite nennt man Hinterdüne (Achterduin) oder „Olmers" oder „Zeeduinen", während die äußerste Kette „Zeelooper", „Strandlooper" oder „Zeereep" genannt wird.

Zwischen Voor- und Achterduin liegt eine Hochebene, auf der meistens niedrige Hügel unregelmäßig zerstreut liegen. Sie werden zusammen als Mitteldüne „Middenduin" bezeichnet. Diese „Middenduinen" erscheinen niedrig, weil ihr Grundwasserniveau ein hohes ist und die Verwehungen also nicht sehr tief eingreifen können. Wo die Dünenlandschaft sehr jung und schmal ist, sind „Voor- und Achterduin" sehr stark, „Middenduinen" fast nicht ausgeprägt. Meist sind die „Voorduinen" leicht zugänglich und ihre Täler deshalb kultiviert, während die „Achterduinen" nur in der Nähe der Fischerdörfer bebaut werden und die „Middenduinen" wenig oder nicht kultiviert sind, weil gute Wege fehlen und der Wagentransport für Dünger und Ernte dadurch zu teuer ist.

Das „Achterduin", namentlich der „Zeelooper", wird vom Staat bepflanzt und festgelegt; eine Arbeit, welche von einigen großen Gesellschaften, die auch die Ufersicherungen versorgen, übernommen wird. Die Mitteldünen werden für die Wasserversorgung der Städte gebraucht.

§ 3. Geologie.

Eine übersichtliche Arbeit über die geologische Vergangenheit der Niederlande im Lichte der jüngeren Untersuchungen besteht bis jetzt nicht. Das berühmte Buch von Staring: „De Bodem van Nederland", welches in den Jahren 1856—1860 publiziert wurde, bleibt immerhin grundlegend für unsere Kenntnisse in dieser Richtung.

Selbstverständlich haben jedoch infolge der Fortschritte, welche die Geologie in dem zweiten Teil des letzten Jahrhunderts machte, mehrere der in diesem Werke angegebenen Theorien ihre Gültigkeit verloren. Zu Staring's Zeit wurde die Landeistheorie noch nicht anerkannt und war die Drifttheorie für Nord-Europa in ihrer Blütezeit. Weil nun der oberflächliche Teil des niederländischen Bodens hauptsächlich aus postglazialem, im Westen nur aus alluvialem Material besteht, war eine Neubearbeitung dieses Werkes sehr erwünscht. Bekanntlich ist der Geologe van Baren jetzt mit dieser Neubearbeitung beschäftigt. Da jedoch der Abschnitt über die Dünen noch nicht erschienen ist und auch Staring darüber nur wenig Ursprüngliches gibt, indem er sie aus eigner Erfahrung kaum kannte, war ich für die Geologie hauptsächlich auf die Untersuchungen von Lorié, Blink,

PENNINK und DUBOIS angewiesen. Auch die Idee einer säkularen Senkung des Bodens war STARING noch nicht geläufig und so konnte er die Entstehung der großen Dünentäler und ihre Ausfüllung mit Torf nicht erklären, wie das in letzterer Zeit LORIÉ und DUBOIS versucht haben.

Doch muß zu Ehren STARING'S gesagt werden, daß er in die Entwickelungsgeschichte der Dünenlandschaft eine klare Einsicht gehabt hat und ich betone ausdrücklich, daß viele Ergebnisse der neuen Forschung schon von STARING vorhergesagt worden sind.

Kurze Übersichten gaben in letzterer Zeit BLINK (1892), LORIÉ (1893) und MOLENGRAAFF (1909), während VUYCK (1898), PENNINK (1904) und DUBOIS (1909—1910—1911) sich hauptsächlich mit der Hydrologie der Dünen beschäftigten. Ihre Ergebnisse kritisch zusammenfassend, erwähne ich hier folgendes:

Wie aus verschiedenen Bohrungen hervorgegangen ist, erfährt der Boden von Niederland, die südöstlichen und östlichen Teile ausgenommen, eine säkulare Senkung [1]), welche schon im Oligocän anfing und jetzt noch fortdauert. Gegen Westen und Norden werden die angebohrten Schichten dicker, was darauf hindeutet, daß die westlichen und nördlichen Teile Hollands am meisten sanken. Die östlichen und südlichen Teile dagegen wurden schon in früheren Perioden (u. a. zwischen Jura und Neocän) zerstückelt und hier wurden die Horsten und Graben gebildet, welche der Ausbeute der Kohlenlager heutzutage so viele Schwierigkeiten machen (WATERSCHOOT V. D. GRACHT 1910).

In den Glazial- und Interglazialperioden wurde Geschiebematerial von den Gletschern, den Schmelzwässern und den Flüssen über die präglaziale Landschaft ausgebreitet. Das Nordseegebiet war damals abwechselnd Land und Meer.

In der letzten interglazialen Periode, zwischen Rißeiszeit und baltischer Eiszeit, übertraf die Senkung die Sedimentation und wurde, wie LORIÉ unwiderlegbar gezeigt hat, der Norden und Nordwesten der heutigen Niederlande überschwemmt und eine Flachsee gebildet. Auf dem Sande der Gletscher und Flüsse wurde transgredierend eine lehmhaltige Schicht abgesetzt (Eemsystem), welche viele für die Flachsee typische Reste von Tieren enthält, die jetzt noch teilweise auf derselben Breite, teilweise aber mehr nördlich vorkommen.

---

[1]) Diese säkulare Senkung hat man im Laufe der Zeiten an vielen Vorgängen und Tatsachen geprüft und bewiesen. So hat z. B. H. E. DE BRUYN (1909) aus den an der Pegelskala gemachten Messungen der letzten 50 Jahre geschlossen, daß die Senkung des Landes in dieser Periode etwa 100 mm pro Jahrhundert beträgt. G. A. F. MOLENGRAAFF (1909) konstatiert an der Hand verschiedener Bohrungen, daß die Senkung schon im Tertiär angefangen hat und jetzt noch fortdauert, daß sie nicht fortwährend im gleichen Maße vor sich gegangen ist, aber dann und wann durch kürzere oder längere Perioden der Ruhe oder durch eine entgegengesetzte Bewegung unterbrochen wurde. J. M. VAN BEMMELEN (1909) sagt: In der quarternären Periode hat eine Senkung von etwa 18 m stattgefunden. Niederland nimmt noch stets an einer Senkung teil. Diese Senkung hat während der letzten 2000 Jahre aufgehört oder ist doch sehr gering gewesen. E. DUBOIS (1911) konstatierte, daß dieselbe Muschelbank, welche heute 3—4 m + AP gebildet wird, unter den östlichen Meeresdünen $\pm$ 0,5 m — AP liegt. Also muß seit der Bildung des Strandwalles der Boden $3^1/_2$—$4^1/_2$ m gesunken sein.

Während der letzten baltischen Glazialzeit war die Anschwemmung von Material eine erheblich größere, Niederland verlandete wieder und es bildete sich aller Wahrscheinlichkeit nach eine Dünenkette im Westen und Nordwesten, welche viel weiter westlich lag als die heutige. LORIÉ (1893, S. 970) sagt dazu: „Möglicherweise breitete sich das Land bis an die heutige englische Küste aus." Solange der Boden der Nordsee nicht besser bekannt ist, bleiben diese Dinge noch hypothetisch; sicher ist nur, daß Bedingungen geschaffen wurden, welche die Bildung jenes Torflagers ermöglichten, welches jetzt mit seiner Oberfläche etwa zwischen 12—19 m — AP liegt. Denn diese Tiefe erreicht es bei Ymuiden, und dieses deutet darauf hin, daß das damalige Festland sich viel weiter nach Westen ausdehnte. Infolge weiterer Senkung und nachträglicher Durchbrüche des Meeres wurde dieses Torfmoor später wieder von Meeressedimenten, wie Sand und Lehm, überdeckt, während stellenweise die Moorbildung weiter ging und neuer Torf sich auf dem alten bildete.

Auf diesen Sedimenten wurde dann noch später der noch heute bestehende Strandwall gebildet, welcher die Binnendünen und die Außendünen trägt. Hinter diesem mit Dünen besetzten Strandwall, welcher sich zwischen Calais und Texel konkav krümmt und von dort konvex bis Rottum verläuft, entstand ein Haff, anfänglich mit Meerwasser gefüllt und ± 6 m tief. Durch die Zufuhr der Flüsse wurde das Wasser allmählich weniger salzig; dazu kam eine Niveauänderung, eine Hebung, wie aus den Untersuchungen von LORIÉ hervorgeht (1893). Dadurch verlandete das Haff und durch die hierauffolgende Senkung wurde eine Moorbildung ermöglicht, und es entstand eine Schicht von ± 6 m. Diese Ansicht von LORIÉ wird auch von MOLENGRAAFF (1909) angenommen.

DUBOIS (1911) ist der Meinung, daß dieser Torfbildung keine Hebung vorangegangen sei, und daß der Torf sich in dem 6 m tiefen Haff gebildet hat. Gegen diese Ansicht spricht der Umstand, daß die Oberfläche des Haffes dazu zu groß war. Der Einfluß der Winde, wie der von Flut und Ebbe muß dadurch ein zu kräftiger gewesen sein, als daß die Torfbildung in einem so bewegten Wasser vor sich hätte gehen können. Wie dem auch sei, das Haff verlandete und die Dünen verbreiterten sich mit dem Strandwall gegen das Meer, während das Moor sich mit einem Wald bedeckte, der von den benachbarten diluvialen Sanden einwanderte und auch die Dünenlandschaft bekleidete. Diese Dünenlandschaft war sehr breit und wurde im Süden (Zeeland und Südholland) von den Flüssen Rhein, Maas und Schelde durchbrochen; auch weiter nördlich, wie ich schon im ersten Kapitel angegeben habe, kamen einige Unterbrechungen vor.

Dieser Zustand herrschte nach MOLENGRAAFF (1909) im Anfang des Holocäns, d. h. für diese Gegenden in prähistorischer Zeit [1]).

[1]) Nach dem bisher über den Strandwall Gesagten scheint der Schluß berechtigt, wie schon LORIÉ (1893) angibt, daß er eine relativ junge Bildung darstellt und mit dem Diluvium nichts zu tun hat. Wohl steigt bei Texel, Ameland und

Einige Jahrhunderte vor Christi Geburt trat in der Dünengegend der Mensch auf. Ungefähr zur gleichen Zeit änderten sich die bis jetzt herrschenden günstigen Bedingungen für die Landbildung, und nahm das Land so stark ab, daß die belgischen Dünen verschwanden und diejenigen von Zeeland und Südholland, wie die von Groet bis Texel, in mehrere Teile aufgelöst wurden. Selbstverständlich hatten die in den Flußmündungen auf und abgehenden Flut und Ebbe im Süden und im Norden gleichfalls einen Einfluß auf diese Vernichtung. BLINK (1892) sagt: In historischer Zeit fand hauptsächlich Abnahme des Landes statt. LORIÉ (1897) bestätigt dieses, hebt jedoch hervor, daß es vom XV. Jahrhundert an, stellenweise und zeitweise Unterbrechungen dieser Abnahme gegeben habe, und daß in der Mitte des Küstenbogens: Hoek van Holland-Helder in letzterer Zeit öfter eine Zunahme zu konstatieren sei.

Wenn nur Abnahme stattgefunden hätte, müßten wir überall an unserer Küste die Merkmale der Zerstörung finden. Diese sind kurz zusammengefaßt die folgenden: 1. ein schmaler Strand mit großem Neigungswinkel, welcher stetig zunimmt; 2. Mangel an Embryonaldünen und Vordünen; 3. eine von den Wellen angeschnittene Dünenreihe (= Dünenkliff), deren Böschung eine übermaximale ist, und deren von jeglicher Vegetation beraubte Abrutschfläche vom Winde angegriffen wird, welcher den Sand landeinwärts führt (BRAUN 1911).

An der niederländischen Küste verhält sich die Sachlage nun anders, denn hier finden wir an manchen Stellen Embryonaldünenbildung und geschlossene Vordünen. Sehr gut ausgebildet fand ich solche auf den Inseln Goeree und Voorne, bei Hoek van Holland, Noordwyk aan Zee, Zandvoort und Ymuiden. Auch bei Wyk aan Zee ist die Embryonaldünenbildung noch sehr gut zu beobachten. Von hier nach Norden wird diese Erscheinung aber sehr selten und weiter nördlich bis Helder hört die Neubildung von Dünen ohne menschliche Hilfe ganz auf. Denn nur dort, wo Buhnen liegen, findet mit der Verbreiterung des Strandwalles auch eine Zunahme der Dünen statt. Wo solche nicht vorhanden sind, wie bei Egmond und Bergen, findet man aber alle Zeichen der Zerstörung. Diese letztere ist auf eine stets fortschreitende Vertiefung des Meerbodens zurückzuführen, wodurch das Gefälle größer wird, Ebbe- und Flutlinie näher an den Dünenfuß kommen und die Dünen von den Brandungswellen angegriffen werden können.

Terschelling das Diluvium auf, liegt jedoch sonst überall in einer Tiefe von etwa 30—35 m. Weiter erstreckt sich unter dem ganzen Dünenkomplex eine Schicht Meeressand mit Muschelschalen. Dies sei hier angeführt, um der vielfach geäußerten Vermutung entgegenzutreten, daß z. B. die Dünen von Bergen und Schoorl Kontinentaldünen seien, eine Ansicht, welche man vor allem auf die typische Heidevegetation gründete (VAN EEDEN, VUYCK).

Überall liegen die Dünen auf dem aus Meeressand aufgebauten Strandwall. Nur wo spätere Wanderungen stattfanden, können sie auch auf Lehm- und Torfbänken angetroffen werden, und liegen dann den alten Dünentälern oder dem hinterliegenden Polderland auf.

Bei diesem Anschneiden der Dünen durch die Wellen werden in den Profilen öfter Humusstreifen, sogar harte Humusbänke sichtbar, welche die Struktur der Dünen deutlich erkennen lassen.

LORIÉ (1897) spricht die Vermutung aus, daß die Küstenlinie vor einigen Jahrhunderten einen stärker konkaven Bogen bildete als heute. Daß diese Vermutung vieles für sich hat, geht wohl aus dem stark konkaven Lauf der Binnendünenreihen hervor, welcher von LORIÉ (1893) festgestellt wurde.

Diese Binnendünenreihen konvergieren mit den Außendünen, sowohl im Norden als auch im Süden und die Außendünen zeigen somit die Tendenz, die Konkavität der Binnendünen auszufüllen. Wie bekannt, gilt an einer sinkenden Küste ohne genügende Anschwemmung die gerade Strandlinie als der charakteristischste Faktor einer zurückgehenden Küste (BLINK 1895). Die festen Anhaltspunkte, an denen die Nehrung sich bildete, treten aus ihr hervor. Sehr deutlich ist dieses auf der Insel Texel zu beobachten, welche weit aus der Küstenlinie vordringt. Der älteste jetzt noch sichtbare Teil des Strandwalles, der höchstwahrscheinlich nie Dünen getragen hat, erhebt sich als ein hoher Rücken zwischen den Dörfern Ryswyk und Voorschoten, aber im Norden verschwindet er unter Torfbildungen, um unter der Stadt Leiden wieder aufzutauchen. Mit diesem Rücken parallel laufen westlich zwei weitere mit Dünen besetzte Rücken, welche gegen Nordosten frei enden, nach Südwesten dagegen bei Haag zusammentreffen. Zwischen ihnen liegen lange mit Torf aufgefüllte Täler mit Wiesen und Kulturland. Soweit diese Rücken Dünen tragen, sind sie bewaldet, meistens mit gemischtem Laubwald, hauptsächlich mit Eichen- und Buchenwald, und an den Wasserläufen mit Erlen und Eschen. Wo die Dünen fehlen, sei es durch Abgrabung, sei es, daß sie nie vorhanden gewesen sind, tritt ein tiefliegender Sandboden zutage: „die Geest“[1]). Dieser wird im Westland intensiv bebaut, südlich von Haag für Obst und Gemüse und im Norden mit Blumenzwiebeln. Der Dünenstreifen, welcher das Dorf Wassenaar trägt, ist südlich von Haag wiederzufinden, wo er den „Segbroekpolder“ begrenzt, ein teilweise überschüttetes Dünental, das im Westen von den Außendünen begrenzt wird. Diese dringen bei Haag bis an die Binnendünen vor und das Wassenaaer Tal ist höchstwahrscheinlich eine nordöstlche Fortsetzung vom Segbroek-Polder. LORIÉ (1893) gibt an, daß hier die Außendünen (Zeeduinen) transgredierend auftreten.

Bei Leiden und Katwyk finden wir diese regelmäßige Anordnung von „Geest“ (altem Strandwall) und Dünen nicht, doch ist, weil hier der Rhein früher ausmündete und die Küste durchbrochen war, ein Durcheinander von Sand- und Lehmbänken entstanden, und zwar höchstwahrscheinlich durch die Wirkung der Gezeiten (LORIÉ 1893).

---

[1]) Die Geest von Holland ist verschieden von dem so benannten Gebiete Norddeutschlands. Sie besteht nur aus Sand und ist ein Teil des Strandwalles, der keine Dünen trägt. Es fehlt ihr jegliche Beimischung von Lehm.

Nördlich von Katwyk treten die Binnendünenketten und „Geest"-Inseln, durch Täler voneinander getrennt, wieder regelmäßig auf. Es sind hier fünf Streifen, von denen drei inselartig aufgelöst sind, und teilweise Dünen tragen. Die beiden anderen Reihen treffen in Nordost-Richtung miteinander und mit den Außendünen zusammen. LORIÉ (1893), dem wir die meisten dieser Angaben verdanken, spricht in seiner Arbeit wiederholt von „Meeresdünen" und „Binnendünen" und sagt dann hier auch, daß die Binnendünen sich den Meeresdünen anschließen.

Ihrer Entwickelung nach sind sowohl die Binnendünen als die Außendünen als Meeresdünen aufzufassen. Der Begriff Meeresdünen ist aber ein genetischer und deshalb scheint es mir, wenn eine orographische Trennung vorgenommen werden soll, besser von „Außendünen" und „Binnendünen" zu sprechen. Meiner Ansicht nach ist aber der Außendünenkomplex im geologischen Sinne keine Einheit.

Die typische Binnendünenflora und das reichliche Gehölz, welche die Außendünen noch eine Strecke nach Nordwesten bedecken, weisen den Botaniker schon darauf hin; deutlicher noch zeigt der Boden, daß der westliche Dünenkomplex aus zwei geologisch und zeitlich verschiedenen Teilen besteht. Beide sind Meeresdünen, beide haben ihre Entstehung den jetzt noch arbeitenden Kräften zu verdanken, die Herkunft des sie aufbauenden Materials ist dieselbe, aber zwischen beider Bildung liegt ein großer Zeitraum und die Dünenlandschaft, welche den Übergang zwischen beiden darstellte, ist verloren gegangen, d. h., ist teils durch Abnahme der Küste verschwunden, teils von den neueren Dünen überschüttet worden. Diese hier nur kurz dargestellte Theorie werde ich im nächsten Abschnitt zu begründen suchen.

Es ist noch nicht mittels Bohrungen festgestellt worden, ob die jetzt sich aneinander schließenden Binnendünenrücken auch ursprünglich zusammenhingen. Es wäre sehr gut möglich, daß sie alle unabhängig voneinander aufeinander parallel verlaufenden Sandbänken gebildet worden sind, und daß ihre Vereinigung erst einen späteren Prozeß darstellt. Hätte diese Vereinigung unmittelbar nach der Bildung der neuen Dünenkette stattgefunden, so würde man bei den Bohrungen nur Sand finden. Hat sie jedoch später stattgefunden, so müssen die jetzigen großen Längstäler sich unter den Dünen fortsetzen und in der Form von Torfschichten in den Bohrkernen auftreten.

BLINK (1895) sagt: „Auf dem Strandwall bildeten sich auf den höchsten Teilen Dünen. So entstand der Anfang einer Dünenreihe, welche sich allmählich ausdehnte ...... Auch wurde auf dem Strandwall in großer Entfernung — öfter 1 km oder mehr — von der bestehenden Dünenreihe eine neue gebildet; diese schnitt einen Teil des Strandes vom Meere ab und so entstanden die Längstäler, welche noch heutzutage die Binnendünenrücken trennen."

„Die Dünen breiteten sich viel weiter nach Westen aus als heute und in den ersten historischen Zeiten hatten sie noch ihre volle Breite. Der Sand wurde landeinwärts verweht; dieser Vor-

gang hatte jedoch keine große Ausdehnung. Die Täler wurden überschüttet und lokale Torfbildungen überdeckt. So breiteten die Dünen sich auch nach Osten aus. Anfänglich jedoch fand die Zunahme hauptsächlich nach Westen statt.“

Auch LORIÉ (1893) nimmt eine ähnliche Dünenbildung an, hebt daneben jedoch hervor, daß die jüngere Dünenreihe sich nicht sofort schloß, so daß bei Flut das Meer noch Zugang hatte und die auf- und abgehenden Gezeiten den Längstälern eine fast wagerechte Oberfläche verliehen[1]), welche sich nach den offenen Seiten hin etwas senkte, aber doch im ganzen nur wenig vom AP abwich. LORIÉ (1893) gibt in seiner Karte der Binnendünen für das Tal von Haarlem bei Vogelenzang — 0,05 m, bei Heemstede — 0,05 m, bei Overveen — 0,10 m und bei Haarlem — 0,25 m an. Dieses Tal liegt also fast wagerecht, denn die Entfernung von Haarlem bis Vogelenzang beträgt etwa 8 km.

Als später diese Teile des Strandwalles völlig gegen die Flut abgeschlossen waren, wurden sie während der ersten Zeit, nach DUBOIS (1910), von den neugebildeten Dünen überschüttet. In trockenen Jahreszeiten, als ihre Oberfläche nicht durchnäßt war, wurden sie vom Winde bis auf dasjenige Niveau abgeblasen, in welchem das kapillar aufsteigende Grundwasser den Sand feucht hielt und dadurch ein tieferes Ausblasen unmöglich machte. Dieses Niveau war ein fast wagerechtes, weil das Grundwasser in dem neugebildeten, ziemlich homogenen Strandwall noch keinen störenden Einflüssen unterworfen war. Nach dieser Auffassung hat also die ursprüngliche Oberfläche der Täler keinen Einfluß auf ihren jetzigen Zustand und wurde dieser letztere durch die kombinierte Wirkung von Grundwasser und Wind bestimmt. Ich halte diese von DUBOIS gegebene Entstehungsweise für die richtige.

§ 4. Geschichte der Dünenlandschaft.

Im obigen habe ich eine kurze Übersicht der Theorien über die Genesis der niederländischen Dünenlandschaft nach LORIÉ, BLINK und DUBOIS, soweit sie in den Rahmen dieser Arbeit passen, zu geben versucht. Auf Grund meiner eigenen Untersuchungen glaube ich mir die weitere Entwickelung der Dünenlandschaft folgendermaßen vorstellen zu dürfen.

Schließen wir an die Theorie von DUBOIS an, so dürfen wir nicht vergessen, daß die Längstäler, der säkularen Senkung wegen, zur Zeit ihrer Bildung höher gelegen waren als jetzt. Als sie dann allmählich vom Winde nivelliert wurden und die Senkung weiter ging, wurden sie stets feuchter, bis schließlich der Wind fast keinen Einfluß mehr auf sie hatte. Das sich in ihnen ansammelnde süße Wasser ermöglichte die Bildung einer Meso- und Hygrophytenflora und damit auch von Torf. Diese so entstandenen

[1]) „Wenn dem so ist, so haben die Gezeiten doch nicht vieles zu ebnen. Der Strandwall ist doch meistens eine ebene Fläche, welche bei einer sinkenden Küste mit genügender Anschwemmung einen Böschungswinkel von 1—2° hat“ (BRAUN 1911). Kleine Abschnitte, wie es die Dünenlängstäler sind, werden schon aus diesem Grunde fast wagerecht sein können.

Torfschichten finden wir jetzt unter den Wiesen wieder. Als diese Vertorfung schon weit vorgeschritten war, erfolgte, vielleicht durch eine Änderung des Klimas, ein Überschütten der Täler durch die nordwestwärts von ihnen liegenden Dünen. Höchstwahrscheinlich war dies eine trockene, nicht sehr lange andauernde Zeit, wie es die Breite der überschütteten Streifen in den Längstälern deutlich zeigt. Die Dünen waren damals noch ziemlich jung und kalkreich. Während dieser trockenen Zeit fand auch eine Ausbreitung der Dünen nach dem Westen hin statt. Diese Wanderung und Neubildung wurde durch eine feuchte ziemlich warme Periode abgeschlossen, während welcher die Dünenlandschaft sich mit Vegetation überdeckte und die Torfbildung zunahm. Dadurch wirkte diese feuchtwarme Periode in starkem Maße auslaugend auf den Boden. Der Kalk wurde aus den oberen Schichten ausgelaugt und in der Nähe des Grundwasserspiegels aufgespeichert. In dem kalkarmen ausgelaugten oberen Sande, welcher allmählich auch seinen Kali- und Phosphorgehalt eingebüßt hatte, fand der sich bildende Rohhumus fast nichts anderes als Quarz vor, und mußte seine chemische Verwitterung somit eine unvollständige sein. Der oberflächliche Quarz wurde stark angegriffen und es entstanden feinere Partikelchen, welche samt den Humusverbindungen vom Regenwasser in senkrechter Richtung hinabgeführt wurden (v. d. Hull 1838), bis sie in einer bestimmten Tiefe, je nach den örtlichen Bedingungen, abgesetzt wurden. Mit diesen unvollständig verwitterten Humusverbindungen wurde der Sand allmählich verkittet und es bildete sich eine ziemlich undurchlässige Schicht. Sobald aber eine solche entstanden war, mußte sie rasch an Dicke zunehmen, und so entstand die in unseren Binnendünen meist farblose „Ortsteinschicht", welche in sehr wechselnder Dicke vorkommt und die Feuchtigkeitsverhältnisse des über ihr liegenden Bodens stark beeinflußt. Die obere ausgelaugte Bodenschicht von blasser, meist weißer Farbe ist der unfruchtbare „Bleichsand" (Müller 1899; v. Leiningen 1911), welcher direkt unter der Wurzelnarbe liegt. Wie leicht ersichtlich, ist die Reihenfolge der Schichten dieselbe, wie beim Heidesand. Während alle diese Prozesse in der „zweiten" Dünenlandschaft sich unter dem Einfluß eines feuchtwarmen Klimas abspielten, fand naturgemäß an der Meeresseite nur wenig Neubildung statt. Dieselben Faktoren, welche ein Wandern der bestehenden Dünen verhinderten, hemmten auch die Neubildung an der Küste. Es geschah sogar gerade das Gegenteil, es fand nämlich in dieser Zeit der starken Verwitterung eine allmähliche Abnahme statt und die Vernichtung der Dünen von Belgien und Zeeland[1]) und Südholland erfolgte, während auch von Texel bis

[1]) Bei der Vernichtung der Dünen in Belgien und in Zeeland (im Süden der niederländischen Küste) wurde der Torf überflutet, mit Salzwasser gesättigt und von den darauf abgesetzten Sedimenten zusammengepreßt. Dieser Torf wurde im Mittelalter bis zum Ende des XVI. Jahrhunderts in Zeeland ausgegraben, getrocknet und verbrannt. Darauf wurde die Asche mit Meerwasser gemischt und ausgelaugt, dann die Lösung eingedämpft und das Salz daraus gewonnen (Beekman).

Kamp eine Zerstückelung und Vernichtung eintrat. Wie schon gesagt, müssen wir für die weitgehende Auslaugung der sonst so beweglichen Dünenlandschaft eine Ruhezeit mit reichlichem Niederschlag annehmen. Diese machte fast jegliche Neubildung unmöglich, doch hätte diese wohl nicht gänzlich ausbleiben können, wenn nicht noch andere Faktoren hinzugekommen wären.

Da die ganze Landschaft, auf welcher die dünenvernichtenden Faktoren arbeiteten, jetzt durch Meeresgewalt verschwunden ist, betreten wir hier das Gebiet der Vermutungen, welche jedoch auf noch heute sich geltend machenden Faktoren der Dünenzerstörung und Küstenabnahme basiert sind. Bei einer so starken Abnahme hat die Senkung die Anschwemmung übertroffen. Weiter läßt sich aus der größeren Abnahme im Norden und im Süden schließen, daß höchstwahrscheinlich eine aus dem Süden und vom Pas de Calais herrührende Strömung stärker wurde, immer mehr Material wegführte und den Strandwall angriff. So wurde der Meeresboden vertieft, die Böschung des Strandwalles wurde eine größere und die Dünen konnten von den Fluten erreicht und angegriffen werden. Die Zerstörung durch diese Strömung machte sich im tieferen Teil der Bucht weniger geltend und so ist der große Dünenkomplex von Bergen und Schoorl zu erklären, welchem meiner Ansicht nach dasselbe Alter zuzuschreiben ist, wie den Binnendünen; hierfür spricht nicht nur ihre oberflächliche Kalkfreiheit, sondern vor allem ihre unten zu besprechende Vegetation.

Zu dieser Zeit der Vernichtung war unser Küstensaum schon bewohnt. Germanische Stämme und die Römer hatten in der Nähe des Meeres ihre Ansiedelungen. Hierüber besteht eine reiche Literatur, aus der ich nur die Mitteilungen über den Nehallenniatempel, die Brittenburg (STARING 1856) und den Friedhof bei Katwyk (EVELEIN 1910) erwähne. Erst im III. Jahrhundert machte sich die Abnahme dem Menschen recht bemerkbar (LORIÉ 1893), als die Zerstörung allmählich ihren Höhepunkt erreicht hatte.

Bis jetzt waren also eine starke Verwitterung und Ruhe der Dünenlandschaft, eine fortschreitende Vertorfung der großen Täler und eine Abnahme an der Meeresseite gleichzeitig vor sich gegangen. Die Folgen waren: eine reiche Hygro-Mesophytenflora in den Tälern, eine Auslaugung des Dünensandes an seiner Oberfläche, Bildung von Ortstein in der Tiefe, dadurch Abänderung der Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und Abnahme seiner Porosität, welch letzterer Vorgang die Bildung von Tümpeln hervorrief. Alle diese Faktoren zusammen hatten eine „Verheidung" des Dünensandes zur Folge, die sich in einer kalkfliehenden Flora, einer Heideflora, äußerte.

Wenn wir nun die Literatur über diese Frage zu Rate ziehen, so stimmen alle Autoren darin überein, daß, abgesehen von einigen geringfügigen Unterbrechungen, diese Abnahme bis in unsere Zeit fortgedauert hat. BLINK (1895) sagt: Es ist vor allem die Abnahme an der Küste . . ., welche eine scheinbare, landeinwärts gerichtete Bewegung der Dünen veranlaßt. In historischen Zeiten

hat das Gegenteil von Ausbreitung, nämlich eine Abnahme der Dünen stattgefunden. LORIÉ (1893) erwähnt ebenfalls nur Abnahme, aber in seiner Arbeit von 1897 auch eine lokale Zunahme in der Mitte.

Meines Erachtens findet aber dieses Fortdauern keineswegs statt. Die Ruheperiode, in der die Dünen, dazu durch klimatische Bedingungen veranlaßt, sich befanden, muß ein Ende genommen haben. Die Bedingungen wurden wieder ganz andere und der Wind konnte beim Zurückgehen der Feuchtigkeitsverhältnisse wieder die nun trockene Dünenlandschaft umgestalten. Die in der Verwitterungsperiode entstandene obere, feinkörnige, mit Humus reichgemischte, braungefärbte Schicht wurde, der Feinheit des Materials wegen, leicht vom Winde verführt. Dieser übergewehte Sand war fast steril, bestand nur aus Quarz und Humaten, und füllte die Vertiefungen und Niederungen aus. Auch die Längstäler wurden teilweise oder ganz durch diesen feinen Sand überschüttet. Als die Verwehung weiter ging, wurde die untere kalkreiche, fruchtbare Schicht bloßgelegt und kam an einigen Stellen in den alten Binnendünen an die Oberfläche. Mit der Abnahme der Niederschläge wurde der Grundwasserspiegel wahrscheinlich niedriger und ein Teil der kalkreichen Schicht konnte dadurch dem Winde anheimfallen. Es ist selbstverständlich, daß in dieser Zeit die Binnendünen stark an Höhe abgenommen haben, weil sie ohne weitere Sandzufuhr verwehten: dieselbe Menge von Material wurde auf einer größeren Oberfläche ausgebreitet und in den Niederungen von der Vegetation festgehalten[1]). Inzwischen hatte sich an der Küste ein Umschwung vorbereitet. Das ins Meer gerissene Material aus dem Süden war durch Küstenversetzung wohl in der Bucht angeschwemmt und aufgespeichert worden. Daß ein solches Material vorhanden gewesen sein muß, geht daraus hervor, daß jetzt eine energische Neubildung anfing, welche meines Erachtens vom V.—IX. Jahrhundert andauerte. Denn nur bei großer Zufuhr konnte in kurzer Zeit eine Landschaft mit hohen Dünen gebildet werden. Diese waren im tiefsten Teil der Bucht am breitesten und verschmälerten sich gegen Norden und Südwesten. Dadurch kamen die alten Dünen in den Windschatten, konnte ihre Vegetation ihre Rechte wieder geltend machen und hörte ihre Wanderung auf. Diese niedrigen, alten Dünen wurden an der Meeresseite von den neugebildeten Dünen überschüttet.

Die Flora der alten Dünen war, wie bereits erwähnt, einem dichten kalkfreien Boden angepaßt und nur einige ihrer Vertreter konnten auf dem frischen grobkörnigen, kalkreichen Sand, dessen physikalische, speziell hydrologische Eigenschaften ganz andere

[1]) Diese Verwehungen äußern sich heutzutage noch in den durch Sandabgrabung erhaltenen Kulturfeldern. Hier finden wir nebeneinander in demselben Niveau kalkarme, feinkörnige, unfruchtbare, braune und kalkreiche, grobkörnige, fruchtbare, graue Streifen. Diesen Wechsel der Bodeneigenschaften könnte man sich in der oben beschriebenen Weise entstanden denken. Wo dieser feine Sand stellenweise vorkommt, wird er ausgegraben und frischer, kalkhaltiger, grober Sand an seine Stelle gebracht.

waren, leben. Auf den neuen, kalkhaltenden Dünen siedelte sich eine diese charakterisierende Flora an.

Im Anfang des XII. Jahrhunderts traten an vielen Stellen der Küste wieder große Verheerungen auf. Die Bewegungen an unserer Küste, welche von der letzten Hälfte des XVI. Jahrhunderts bis auf heute stattfanden, wurden von LORIÉ (1897) übersichtlich dargestellt. Die von ihm gegebenen Ziffern sind von ± 1550—1843 auf historischen Angaben basiert. Solche Zahlen sind aber offenbar mit Vorsicht aufzunehmen, weil man in diesem Zeitraum noch keine festen Merkzeichen am Strande hatte, wie heute, und sie somit nur geschätzt werden konnten. LORIÉ berechnet aus 100 jährigen Perioden ein Jahresmittel für die Abnahme und schließt daraus, daß die Abnahme im XVI. und XVII. Jahrhundert eine kräftige war; im Süden bei Monster und 's Gravesande, im Norden bei Callantsoog und Huisduinen am stärksten zutage trat, dagegen bei Zandvoort, Wyk aan Zee, Noordwyk und Katwyk, und sogar bei Scheveningen viel geringer war. Die Ziffern von 1843—1907 sind auf Messungen basiert, welche an den seit 1843 längs der Küste aufgestellten 119 Marken gemacht worden sind. Hieraus berechnet er die Jahresmittel für 10 jährige Perioden. Im allgemeinen konstatiert er einen Zurückgang der jährlichen Abnahme in den letzten Zeiten und eine viel geringere Abnahme in der Mitte, als im Norden und Süden; er findet sogar für die Mitte vielfach Zunahme. Wo im Norden und Süden Neubildung stattfindet, ist dieses nur der menschlichen Nachhilfe zu verdanken.

Dieselben Faktoren, welche auch jetzt noch im Norden und Süden Abnahme, im mittleren Teil der Bucht Zunahme veranlassen, beeinflußten damals die Form der neugebildeten, kalkreichen Dünenlandschaft, welche, wie bereits erwähnt wurde, in der Mitte — bei Haarlem bis Velsen — am breitesten, nach Norden und Süden aber schmäler ist.

§ 5. Beweise für die Geschichte der Dünenlandschaft.

(Profil III.)

Für die allmähliche Senkung des Bodens, die Bildung des Strandwalles, die Ausbreitung der Dünenlandschaft nach Westen in prähistorischen Zeiten und die darauffolgende Abnahme an der Meeresküste, haben VAN BEMMELEN, BLINK, DE BRUYN, DUBOIS, LORIÉ, MOLENGRAAFF, RAMAER und STARING Beweise angeführt.

Nach LORIÉ (1893) sind die „Binnendünen" mit dem Strandwall und den flachen „Geestgronden" ein Ganzes und ist der Strandwall älter, als der anliegende Torf der Polder, welcher, wie auch BEEKMAN angibt, auf dem Strandwall sich auskeilt. Auch hat LORIÉ (1893) bewiesen, daß die Torfschichten unserer „Binnendünen" nur lokale Bildungen sind, und daß von einer kontinuierlichen Torfschicht, wie sie in Belgien vorkommt, hier nicht die Rede sein kann.

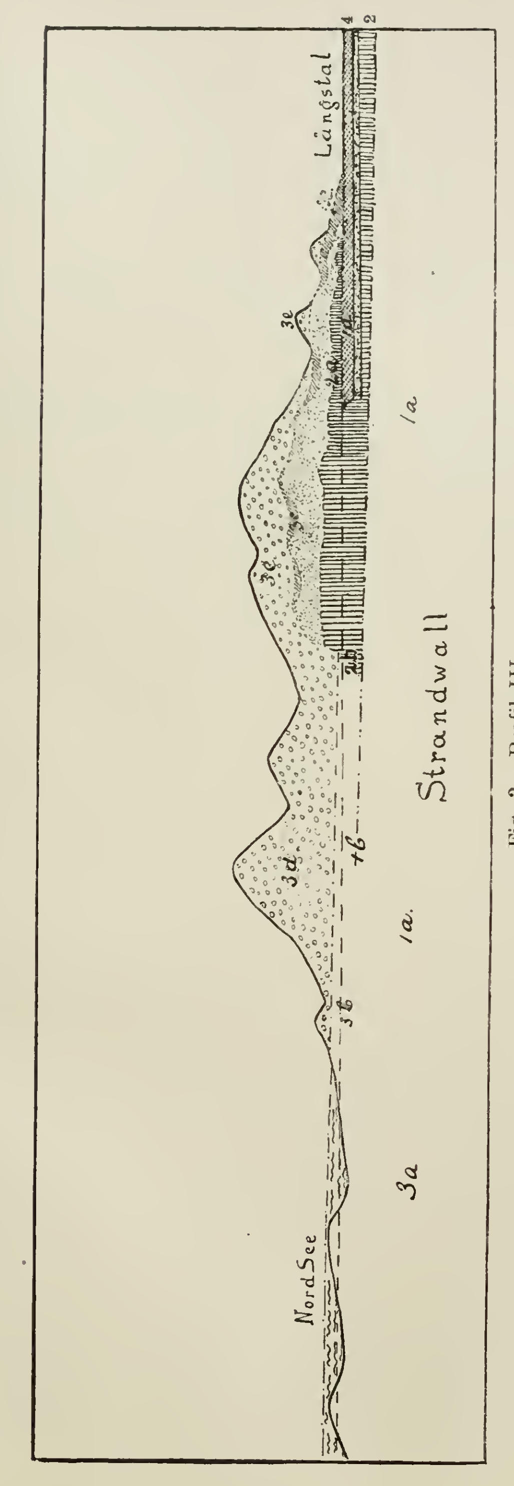


Fig. 3. Profil III.

Schematisches Querprofil des Außendünenkomplexes bei Paardenkerkhof.

1a, 1b Strandwall. 2 Kalksand der alten Dünen. 3 Homogener Sand der jungen Dünen. 3e Feinkörniger Sand der alten Dünen. Darunter der Bleichsand der alten Dünen. 4 Torfschicht. — — — — — — AP-Linie. —·—·—·— Alte Strandlinie. —·—·—·—·— Jetzige Strandlinie. Vergl. ferner S. 300.

Bis soweit schließe ich mich im großen und ganzen den obengenannten Autoren an. In diesem Kapitel möchte ich meine Beweise für die Theorie anführen, daß die wiederholte Zu- und Abnahme der Dünenlandschaft auf einen periodischen Wechsel der seit der letzten (baltischen) Eiszeit herrschenden klimatologischen Bedingungen unserer Küste zurückzuführen ist. Zu diesem Zweck wiederhole ich noch einmal kurz die wichtigsten Daten dieser Entwickelungsgeschichte.

1. Als die Torfbildung in den Längstälern der alten Dünen schon längere Zeit gedauert hatte, fand eine teilweise Überschüttung durch die damals noch kalkreichen Dünen vom Westen her statt.

2. Dieser Überschüttung folgte eine feuchte Periode, während welcher sich die alte Dünenlandschaft im Ruhezustand befand; es fand eine starke Auslaugung des Bodens statt, und die Torfschicht in den Tälern nahm an Dicke zu.

3. Zur gleichen Zeit fand an der Meeresseite die große Abnahme statt, welche mit der Zerstörung der alten nordfranzösischen, belgischen und südniederländischen Dünen endete, während auch die nordniederländischen stark angegriffen wurden.

4. Auf diese Zerstörungsperiode, welche sehr lange dauerte, folgte eine trockene Zeit, welche die Bildung einer neuen Dünenlandschaft hervorrief, die sich in der Mitte der Küstenbucht, zwischen Scheveningen und Wyk aan Zee am stärksten äußerte. In derselben Zeit wurden die bestehenden, festliegenden, alten Dünen wieder lebendig und wanderten in östlicher Richtung. Die neue Dünenlandschaft hat die alte teilweise überschüttet und ist in historischen Zeiten gebildet worden.

Für die unter 1, 2 und 4 genannten Angaben fand ich die Beweise in den Profilen der Sandgruben der alten Dünen. Man fängt bei der Ausbeutung einer Sandgrube stets damit an, einen Kanal zu graben, welcher für den Sandtransport dient. Der Wasserspiegel dieser Kanäle liegt im selben Niveau wie der der Polderkanäle, dem sie angeschlossen werden. Wie erwähnt, liegen die Polder ungleich hoch, und demzufolge ist auch der Wasserspiegel der ihnen angehörigen Sandgruben verschieden. Immerhin ist er viel niedriger als der Wasserstand in den noch nicht angegrabenen Dünen und infolgedessen wird die alte Dünenlandschaft rings um die Grube stark drainiert, was sich in einer Verkümmerung der Flora äußert.

Diese Abgrabungen bieten uns also den Vorteil, daß sie Profile bis unter dem Dünenwasserspiegel bloßlegen. Das Abgraben findet meistens nicht tiefer als 0,40—0,75 m über dem Niveau der Kanäle statt.

In allen von mir untersuchten Sandgruben der alten Dünen von Haag bis Haarlem fand ich nun mit geringen Abänderungen dasselbe Bild. An den Rändern der Kanäle liegen als Reste des weggeführten Aushubmaterials die gebleichten und sehr zerbrechlichen Schalen von *Mactra stultorum* und *Cardium edule* zerstreut, welche der Muschelbank des ehemaligen Strandes entstammen.

Während ihrer Bildung war diese Muschelbank, welche sich damals mit der alten Dünenlandschaft viel weiter nach Westen ausdehnte, einer allmählichen Senkung unterworfen. Aber die älteren östlichen Teile der Bank waren dieser Senkung länger unterworfen als die jungen westlichen und so zeigt sie (DUBOIS 1911) einen nach Westen allmählich ansteigenden Verlauf und liegt östlich unter den inneren alten Dünen ± 0,50 m — AP. Durch die Zerstörung verschwand mit einem Teil der alten Dünenlandschaft auch diese unter ihr liegende Muschelbank. Als dann die Meerestransgression noch weiter fortschritt, kam die Bank durch ihr gegen Osten gerichtetes Gefälle unter dem Meeresboden zu liegen (Profil III 1 b) und blieb also fernerhin ungestört.

Als die Zerstörung aufhörte, zeigte die alte Dünenlandschaft ein Kliff [1]). Bei der darauffolgenden Neubildung von Dünen wurde eine neue Muschelbank (3 b) auf dem heutigen Meeresniveau und über der alten Bank gebildet. Dieses Faktum habe ich nirgendwo erwähnt gefunden; dennoch muß es offenbar stattgehabt haben. Denn wenn z. B. jetzt bei Bergen eine Neubildung stattfinden würde, dort wo ein altes Dünenkliff am Meere aufragt und bei Ebbe eine Torfschicht auf dem Strande sichtbar ist, unter der die alte Muschelbank durch Bohrungen nachgewiesen wurde, so müßte sich offenbar auf dieser Torfschicht eine neue Muschelbank bilden. Diese würde dann in den neuen Strandwall aufgenommen werden und die beiden Muschelbänke würden übereinander liegen und durch die Torfschicht getrennt sein.

Wo die Abnahme weniger stark gewesen ist, kann es vorkommen, daß die neue Bank sich an die alte anschließt.

Ich stelle mir einen Querschnitt des westlichen Dünenkomplexes unserer Küste so vor, wie er in Profil III dargestellt worden ist. Der rechte Teil dieser Skizze beruht auf Beobachtungen, die an den Profilen der Sandgruben gemacht wurden; der linke Teil ist aus Bohrungen bekannt. Die Lage des Kliffs der alten Dünenlandschaft aber, sowie die der Muschelbänke in der Mitte ist hypothetisch. Natürlich ist hier auch der Zustand der Muschelschalen ausschlaggebend. Der alte Strand besteht aus stark angegriffenen, der jüngere aus ziemlich frischen Schalen.

DUBOIS (1911) konstatierte, daß die Muschelbank in der Nähe von Haarlem unter den östlichen, alten Dünen ± 0,50 m — AP liegt; unter den westlichen dagegen reicht sie bis 3 m + AP. Bei verschiedenen Bohrungen fand er, daß die Neigung der Bank im westlichen Teil eine kleinere ist, als im östlichen und schließt daraus, daß der jüngere westliche Teil sich während der säkularen Senkung schnell gebildet hat.

Ich muß dieser Ansicht völlig beistimmen und hebe dazu noch hervor, daß auch der Kalkreichtum der Dünen bei Overveen in einer Distanz von $4^1/_2$ km vom Meere auf die schnelle Bildung dieses Komplexes zurückzuführen ist; denn sonst hätte in den östlichen Teilen eine oberflächliche Auslaugung stattfinden müssen.

---

[1]) Kliff = Angefressene Düne am Strande (BRAUN, 1911).

In den Sandgruben finden wir oberhalb der alten Muschelbank einen grobkörnigen, kalkreichen grauen Sand. Dieser wird in der Praxis vielfach für Verbesserung solcher Kulturböden benutzt, welche kalkarm und wenig porös sind; die Grobkörnigkeit des Sandes erhöht die Porosität und der fein verteilte kohlensaure Kalk macht den Boden wieder „lebendig". Er ist unter dem Namen „grauw Klinkzand" bekannt [1]).

Die Erosionsprofile in den alten Dünen sind auffallend steil, in den jungen Dünen viel flacher. Wenn ein Profil während langer Zeit nicht gestört wird, so erhärtet der Sand. In diesem festen Sand graben die Uferschwalben, *Hirundo riparia*, mit Vorliebe die Gänge für ihre Nester, nie aber in dem Sande der jungen Dünen, weil dieser zu locker ist. Die meisten Erosionsflächen laufen von Osten nach Westen und gehen von den alten Längstälern aus. In diesen liegt eine dicke Torfschicht, welche sich ungleich weit unter den Dünen ausbreitet. Hier ist die Torfschicht zusammengepreßt, hart und tiefschwarz, wird „Darie" oder „Derrie" genannt und liefert einen festen Torf, der stellenweise als Heizmaterial verwendet wird [2]).

Gegen Westen erreicht die Torfschicht eine beträchtliche Dicke und keilt dann ziemlich plötzlich aus. Dieses wurde von mir konstatiert bei „Twistduin" in der Nähe von Noordwykerhout, bei „Hanenburg", südlich von Haag und bei Vogelenzang. In der „Darie"-Schicht fand ich Wurzeln und Holz von: *Populus*, *Quercus*, *Betula*, *Salix* und Reste von *Phragmites*, *Eriophorum* und *Carices*. Die Bäume wurzelten in dem unterliegenden Sande.

Nach einer freundlichen Mitteilung des Herrn J. VAN BAREN werden diese Funde bestätigt durch noch nicht publizierte Bestimmungen, welche der bekannte Moorkenner C. A. WEBER für ihn an Stücken dieser Torfschichten durchführte.

---

[1]) Nur das Vorkommen dieses Sandes macht es lohnend, die alten Dünen abzugraben. Wo er nicht vorhanden ist, ist es nur mit großen Kosten möglich, die durch Abgrabung erhaltene Ebene in fruchtbares Land umzugestalten. Die Kulturfelder, die durch Abgrabung entstanden sind, liegen dann auf dem alten, nur aus Sand bestehenden Strandwall, und infolgedessen sind die Grundwasserbedingungen hier sehr einfache. Wenn die Felder nicht groß sind, so steht das Grundwasser überall etwa in gleicher Höhe. Liegen dagegen Torfschichten unter den Feldern, so wird der Stand des Grundwassers von diesen bedeutend beeinflußt. Ähnliches hat DUBOIS (1909) für die Dünenkessel festgestellt, indem er mehrfach in demselben Tal bedeutende Schwankungen des Grundwasserspiegels wahrgenommen hat.

Der Boden über solch einer Torfschicht kann nur kulturfähig gemacht werden, wenn stellenweise Stücken von $\pm$ 1 m² Oberfläche oder lange Streifen von Torfschicht ausgegraben werden. Denn es wird dadurch die Verbindung zwischen Sickerwasser und Grundwasser wiederhergestellt. Das erstere kann dann im Winter abfließen, das letztere im Sommer aufsteigen.

[2]) Meistens jedoch wird der nasse Torf während des Winters der Kälte und dem Regen ausgesetzt, zerfällt dann und wird im Frühling mit dem Sandboden gemischt, dessen Wärme- und Feuchtigkeitskapazitäten dadurch beträchtlich erhöht werden. Wenn jedoch der Boden frei von Humus bleiben soll, so wird der Torf weggeführt und als Topferde in den Handelsgärtnereien gebraucht. Auch wird er samt seinen Fossilien nach Aalsmeer und Zaandam versandt für das Ausfüllen von Tümpeln. In letztgenannter torfiger Gegend ist Ausfüllen mit Sande eine Unmöglichkeit, weil der schwere Sand in die Tiefe verschwinden würde. Welche Schwierigkeiten ein so vom Menschen verändertes Land wie Niederland dem Geologen darbietet, geht aus diesen Beispielen wohl hervor.

Ferner verdanke ich Herrn VAN BAREN die Mitteilung, daß unter den gefundenen Samen sich auch diejenigen von *Menyanthes trifoliata* befanden, welche Pflanze auch jetzt noch typisch ist für die feuchten Niederungen der alten Dünen, und sich dort höchstwahrscheinlich trotz wechselnder Bedingungen bis heute behauptet hat (z. B. unweit Ruigenhoek bei Noordwykerhout, bei Bergen und am Zwanenwater).

Wo die Torfschicht nach Westen hin endet, entwickelt die Düne sich ungestört auf dem Strandwall. Der „grauwe Klinkzand" erreicht hier eine bedeutende Höhe, wechselnd mit derjenigen der Düne. Auf ihr folgt nach oben eine kalkfreie Schicht, welche blendendweiß, jedoch auch grau oder bräunlich sein kann. Sie besteht aus armem, ausgelaugtem Blei- oder Bleichsand, dessen Schichten einen sehr unregelmäßigen Verlauf haben, und deren Vertiefungen von einem braunen, kalkfreien Sand ausgefüllt sind. Mechanische Analysen lehren, daß dieser Sand sehr viel Staub enthält und feinkörnig ist, während die chemischen Analysen eine große Armut an Nährstoffen zeigen. Auf diesen Schichten ruht die heutige Vegetationsnarbe.

Nach Osten hin wird in das Profil die Torfschicht aufgenommen, welche, wo sie früher als freies Tal im Westen an den Dünenfuß anlehnte, dicker ist als sonst. Dies beruht wohl auf einer Beimischung von Sand, durch welche es bedingt ist, daß sie bei der späteren Überschüttung nicht so stark zusammengepreßt werden konnte. Diese Torfschichten bildeten sich in den alten Tälern, welche bei ihrer Entstehung etwa 4 m höher lagen als heute. Sie waren mit einer üppigen Vegetation bedeckt, während das Sickerwasser aus diesen Tälern den unterliegenden kalkhaltenden Boden auslaugte. Demgemäß finden wir in unserm heutigen Profil unter der Torfplatte einen bläulich-braunen, kalkarmen Sand, welcher nach unten in den kalkreichen „grauwen Klinkzand" übergeht.

Über der Torfschicht wiederholt sich dieselbe Schichtenfolge, welche ich für die Dünen ohne Torfschicht beschrieben habe; also von unten nach oben „grauwer Klinkzand", Bleichsand und brauner staubreicher Sand. Nach Osten hin keilen die beiden ersten allmählich auf der Torfschicht aus, und werden von der braunen Schicht überdeckt, welche sich noch eine Strecke weit über das Tal fortsetzt.

Dieser braune, staubreiche Sand erreicht öfter eine Dicke von 4—5 m, wie ich das bei Hanenburg (Haag), Bartenbrug (Vogelenzang), Oosteinderbrug (Lisse) und Djati Oedjong (Noordwykerhout) konstatieren konnte. Sie ist meistens mit Gehölz, *Quercus pedunculata, Pinus maritima, Betula alba, Populus tremula* und mit Heide bewachsen. Überall fand ich in ihr dünne Bänkchen von Ortstein (Twistduin, Bartenbrug, Hanenburg, Bulb Company Vogelenzang, Oosteinderbrug).

Aus dem bisher über die Profile Gesagten ist folgendes zu schließen:

Ursprünglich war hier ein Dünental, an seiner Westseite von Dünen begrenzt. Das Tal hatte eine üppige Vegetation und es

fand eine starke Torfbildung statt. Dieser Torf ist im zusammengepreßten Zustand öfter mehr als 1 m dick. Das Sickerwasser aus diesem damals ± 4 m höher liegenden Tal hat den unterliegenden Sand ausgelaugt. Darunter liegt kalkhaltender Sand. Daß diese Torfbildung sich ungestört entwickeln konnte, muß einer feuchten Periode zugeschrieben werden, welche eine Wanderung der Dünen unmöglich machte. Wenn wir die neuesten Angaben über Torfbildung zugrunde legen (± 2 mm pro Jahr Dickenzunahme, DUBOIS 1911), so sind für eine 1 m dicke, nicht zusammengepreßte Schicht etwa 500 Jahre erforderlich gewesen. Für diese harte „Darie"-Schicht muß somit wohl eine viel längere Periode angenommen werden. Nachher fand vom Westen her eine Überschüttung durch die Dünen statt, welche selbst dabei niedriger wurden. Eine solche Bewegung war in einer trockenen Periode möglich; diese fand für diese Gegend in prähistorischer Zeit statt. Aus dem Vorkommen des kalkreichen „grauwen Klinkzand" und des kalkarmen Bleichsands müssen wir somit auf eine Ruheperiode der Dünenlandschaft schließen, welche dieser Überschüttung folgte.

Weil die „grauwe Klinkzand"-Schicht über Torf und ohne diesen sich im selben Niveau fortsetzt, kann die Auslaugung erst nach der Überschüttung stattgefunden haben und müssen die nach Osten wandernden Dünen damals noch kalkreich gewesen sein. Die Auslaugung weist darauf hin, daß es eine feuchte Periode war. Die Muschelschalentrümmer lösen sich nur sehr langsam in CO_2 haltigem Wasser. Bei verschiedenen Abgrabungen finden wir eine Bleichsandschicht von 3—5 m Dicke, zu deren Auslaugung eine lange nasse Periode unbedingt erforderlich gewesen ist, und diese muß eine üppige Vegetation ermöglicht haben.

Aus dem eigentümlichen Vorkommen des braunen, staubreichen Sandes, der die Vertiefungen der Bleichsandschicht ausfüllt, die Schichtenfolge nach Osten abdeckt und das Tal teilweise überschüttet hat, ist zu schließen, daß er die jüngste Bildung ist und vom Winde transportiert sein muß.

Dieses war nur in jener trockenen Periode möglich, welche der vorhergehenden feuchten Zeit folgte. Wie oben erwähnt, ist dieser Sand feinkörniger als der unterliegende Bleichsand und arm an Nährstoffen, dazu stark mit Humaten gemischt, die bei Erhitzung deutlich erkennbar sind und staubreich, was auch auf Verwitterung hindeutet. Dieser Sand muß also die Vegetationsschicht sein, welche sich in der vorigen, feuchten Periode bildete. Durch die veränderten, für die Flora ungünstigen Bedingungen, wurde die Vegetation spärlicher und konnte der feinkörnige Sand sehr leicht vom Winde weggeblasen werden [1]). Dadurch wurde die alte Dünenlandschaft nivelliert und die große Heidefläche gebildet, welche wir namentlich bei Loosduinen, Noordwykerhout und Helder vorfinden.

---

[1]) SOLGER (1910) nennt bei deutschen Dünen die feinkörnige Schicht das „jüngst Übergewehte".

Die bisher betrachteten Profile stammten alle aus Sandgruben der alten Dünen. Besuchen wir dagegen die Grube bei Overveen, welche in der Mitte von kalkreichen neuen Dünen liegt, so finden wir den oberen Teil des Profiles von einer mit frischen Muschelschalentrümmern gemischten Schicht gebildet, welche mit der Höhe der Dünen an Mächtigkeit wechselt, ziemlich homogen ist und nur stellenweise Schichtchen aufweist, welche mehr oder weniger zahlreiche Kalkpartikelchen enthalten. Unter dieser Schicht finden wir dann das bekannte Profil der alten Dünen wieder: Staubschicht, Bleichsand, kalkreichen Sand, Torfschicht, Bleichsand, kalkreichen Sand und zu unterst die Muschelbank, welch letztere hier erst in einer gewissen Tiefe unter dem Grundwasserspiegel auftritt, jedoch mit einem Spaten sehr gut zu fühlen und sogar zu hören ist: der Spaten krächzt. Aus diesem Profil geht deutlich hervor, daß die alte Dünenlandschaft hier von einer neuen überschüttet worden ist. Dazu war offenbar eine trockene Periode erforderlich. Daß diese Überschüttung und die Bildung der neuen Dünenlandschaft schnell vor sich gingen, beweist ihr großer Reichtum an Kalk bei einer Entfernung von $4^1/_2$ km von der Küste.

Als ich diese Sandgrube am 12. Oktober 1911 wieder besuchte, zeigte sie ein etwas abweichendes Profil, weil die Abgrabung sehr viel weiter fortgeschritten war. Diesmal fand ich, daß die Torfschicht 2—4 m über dem Grundwasserspiegel lag und, aufsteigend, allmählich auszukeilen schien. Unmittelbar über ihr lag die neue homogene Düne, unter ihr der bekannte Schichtenkomplex der alten Dünen. Hier war also das Tal sofort von der jungen Düne überschüttet worden. Der unterliegende Bleichsand war auffallend dunkelbraun, fast bläulich bis schwarz; nach unten wurde er allmählich heller und ging in den hellgrauen Kalksand über. Die Wirkung der auslaugenden Kraft einer dichten Vegetation war hier sehr deutlich. Diese Torfschicht bildete die höheren Randpartien der im vorhergehenden Profil beschriebenen $1^1/_2$ m mächtigen Torfschicht, welche den zentralen Teil des ehemaligen Tales ausgefüllt haben dürfte und $\pm$ 1 m über dem heutigen Polderwasserniveau lag. Sie ist jetzt ziemlich undurchlässig und das Sickerwasser der aufliegenden Dünen träufelte mit Sand gemischt am Profil über der angeschnittenen Schicht herunter. Bei diesem Niederfallen des Wassers waren Miniatur-Schuttkegel entstanden, deren einige $\pm$ 50 cm Höhe erreichten. Im Winter gefriert dieses Wasser und häufen sich die Eismassen in den sonderbarsten Formen an.

Weitere Beweise für das Vorkommen der alten Dünen unterhalb der neuen Dünenlandschaft liefern viele der Wasserleitungskanäle bis auf $1^1/_2$—2 km von der Küste. Diese schneiden überall „Darie“-Schichten an, die uns sowohl durch ihre Farbe als durch das ausfließende Wasser und durch die Vegetation — vielfach *Urtica dioica* und verschiedene *Chenopodiaceae* — ihre Lage verraten. In diesen Torfen findet man Hirschgeweihe und auch

Artefakten, die darauf hindeuten, daß diese Täler im VII. Jahrhundert noch bewohnt waren (STARING). Wenn wir die Stellen ihres Auftretens in dem Bohrprofil von PENNINK (1904, s. Profil IV) mit der Karte von LORIÉ (1893, Taf. I) vergleichen, so liegt die Vermutung nahe, daß die Schichten an dem Barnaartkanal, van Lennepkanal, Sprenkelkanal, Oranje-Kom und Oude Beek zum Teil Fortsetzungen der Torfschichten des Zilker und Haarlemer Tals, zum Teil diesen äquivalente Bildungen sind.

Die bisher beschriebenen klimatischen Perioden müssen sowohl in den Dünen als in den Tälern Änderungen der Flora veranlaßt haben und die alten Torfe der östlichen Dünentäler dürften hierfür beweisende Horizonte aufweisen. Ich selbst hatte für die Untersuchung dieser Torfe keine Zeit, doch hatte Herr J. v. BAREN die Güte, mir mitzuteilen, daß er unter Mitwirkung des Moorkenners Herrn C. A. WEBER die Untersuchung dieser Torfe vorgenommen habe.

Bisher haben wir gesehen, daß die alte Dünenlandschaft zwei Ausbreitungen gegen Osten erfahren hat, und daß eine neue Dünenlandschaft aufgetreten ist und die alte teilweise überlagert hat. Bei der ersten Ausbreitung der alten Dünen nach Osten hin waren die klimatischen Bedingungen wenigstens so, daß sie eine Ausbreitung gegen Westen ermöglichten.

Hierauf folgte die feuchte Periode, welche während langer Zeit die Dünenbildung an der Küste verhinderte. Es ist sehr gut möglich, daß sich in dieser Periode in der Mitte der damals stark gebogenen Küste vieles Material aufgespeichert hat, ohne zu Dünenbildung Veranlassung zu geben. Als dann die trockene Periode eintrat, konnte die Masse des anwesenden Materials unmittelbar verarbeitet werden, und so kann man sich nicht allein die schnelle Neubildung, sondern auch die gewaltige Transgression der neuen Dünen erklären. Dieselben Faktoren, welche diese Neubildung verursachten, müssen auch die zweite östliche Ausbreitung der alten Dünenlandschaft veranlaßt haben.

Hiermit sind Punkt 1, 2 und 4 erklärt und bleibt uns noch Punkt 3 zur Besprechung übrig.

Die durch die Auslaugung und Ruhe gekennzeichnete Periode hat, wie wir annahmen, Neubildung verhindert. Bewiesen ist, daß die Dünen sich viel weiter westwärts erstreckt haben. Die Vernichtung der Landschaft äußerte sich am stärksten im Süden. Die ganze Dünenlandschaft Belgiens wurde vernichtet und nach dem V. bis zum IX. Jahrhundert bildete sich ein neuer Strandwall mit Dünen auf dem Tiefmoor des Haffes. Hier fanden also sowohl eine Vernichtung als auch eine Zurückdrängung statt. In Zeeland und Südholland wurde die Dünenkette am Ende des III. Jahrhunderts zum Teil zerstört (MASSART 1908). Dagegen wurde bei Katwyk im VII. Jahrhundert ein Friedhof der Merovinger überschüttet. Dieser wurde im Jahre 1906 beim Ausgraben einer Sandgrube wieder gefunden und die Funde wurden im Jahre 1911 von EVELEIN und SASSE archäologisch und anthropologisch bearbeitet. Diese Stelle war schon in vorrömischen Zeiten be-

wohnt und ist ein künstlich aufgeschütteter Hügel, welcher auf Lehmboden ruht. Daß ein solcher Ort verlassen wurde, muß wohl der Überschüttung zugeschrieben werden. Die Verlandung der Rheinmündung (BLINK 1895) bei Katwyk im Jahre ± 860 deutet ebenfalls auf Neubildung. In Belgien und Niederland fand also ± 300 n. Chr. noch Zerstörung statt. In Belgien wurde eine ganz neue Dünenlandschaft gebildet, welche ihre heutige Lage schon seit dem IX. oder X. Jahrhundert angenommen hat (MASSART 1908). Wir wissen, daß Wanderung und Bildung der neuen und Wanderung der alten Dünen ungefähr zu derselben Zeit stattfanden. Der Wanderung der alten Dünen ging die Ruheperiode voraus — der Bildung der neuen die Zerstörung der alten —, somit muß die große Zerstörung während der Ruheperiode mit ihrem feuchten Klima stattgefunden haben.

Die Periode der Neubildung wurde ungefähr 1100 wieder durch große Zerstörungen unterbrochen und 1450 und 1570 sind für die ganze Küste berüchtigte Jahreszahlen. Wir wissen, daß die Abnahme noch fortdauert, obgleich sie in den letzten Jahrhunderten eine viel trägere geworden ist, während an vielen Stellen, sei es natürlicherweise, sei es durch menschliche Hilfe, eine Zunahme stattgefunden hat.

Aus den sämtlichen mitgeteilten Beweisen für die vier angegebenen Punkte gehen nun die folgenden Schlüsse hervor:

1. Es hat eine periodische Abwechslung klimatischer Bedingungen stattgefunden, welche sich in dem Dünenkomplex von Holland in zwei feuchten und drei trockenen Perioden äußerte.
2. Die „übergerollten" oder „ostwärts bewegten" Dünen von Belgien finden ein Äquivalent in den jungen holländischen Dünen.
3. Zwischen der Bildung des alten und des neuen Dünenkomplexes liegt ein langer Zeitraum, währenddessen ein großer Teil der alten Dünen zerstört worden ist.
4. Es hat nicht nur Neubildung stattgefunden, sondern auch eine Transgression der neuen Dünen über die alten.
5. Die letzte Neubildung und Transgression fand in historischer Zeit ungefähr vom V. bis zum XI. Jahrhundert statt.
6. Infolge der teilweisen Vernichtung der alten Dünenlandschaft mit ihrer gegen Osten abfallenden Muschelbank und der Entstehung der neuen Dünen mit einer neuen Muschelbank, müssen streckenweise zwei Muschelbänke übereinander vorkommen.

§ 6. Verbreitung der beiden geologisch verschiedenen Dünenlandschaften.

Wenn wir die Dünen von Holland hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung und der damit zusammenhängenden Pflanzenverbreitung betrachten, so finden wir, daß die beiden Landschaften

West. **Geschichtliche Übersicht.** Ost.

	Periode	Neue Dünenlandschaft	Alte Dünenlandschaft	Torf der Längstäler	Klima
	Gegenwart	Zunahme durch menschliche Hilfe und natürliche Zunahme	Abgrabung durch den Menschen	Wenig oder keine Zunahme durch den Menschen	↑ trocken
↑ Säkulare Senkung ↓	VI.—XI. Jahrhundert	Transgression (3c) → Bildung der neuen Dünen (3d) Ausbreitung des Strandwalles (3a) mit neuer Muschelbank (3b)	Verwehen der staubreichen, feinkörnigen Schicht (3c) → Zweite Höhen-Abnahme	2^0 Überschüttung der Torfe	trocken
	?—VI. Jahrhundert	Flachsee →	Germanische und römische Niederlassungen; Auslaugung des Bodens; Vegetation üppig — Wälder-Abnahme — Kliffbildung (2b)	Germanische und römische Niederlassungen; Starke Entwickelung, Wälder	feucht
	Postglazial-Prähistorisch	Flachsee ←	Ausbreitung der alten Dünen gegen W und O	1^0 Überschüttung (2a) →	trocken
			Ruhe-Periode	Anfang der Torfbildung (1d)	feucht
			Bildung der alten Dünen (1c)	Nivellierung der Täler	trocken
			Bildung des Strandwalles (Nehrung) (1a) mit der alten Muschelbank (1b)		trocken?
		Flachsee; Bildung von Meeres-Sedimenten			
	Baltische Eiszeit	Land: Fluvio—glaziale Absätze — Torfbildung (jetzt 12—19 m — AP) Dünen? Haff? Verbindung mit England?			feucht
	Interglazialzeit	Flachsee; Bildung von Meeres-Sedimenten (Eem-System)			trocken
	Riß-Eiszeit	Land: Gletscher-Absätze; Blocklehme — erratische Blöcke — grober Sand			feucht

Die angeführten Zahlen beziehen sich auf Profil III. S. 291.

eine sehr wechselnde Ausdehnung haben. Fangen wir dazu im Süden des Festlandes an.

Bei Hoek van Holland nördlich vom Hafendamm findet Neubildung statt, welche erst nach Beginn des Dammbaues angefangen hat. Die südlichsten Buhnen von Delfland sind schon ganz unter dem Sand vergraben. Wo der schützende Einfluß dieses Dammes sich nicht mehr geltend macht, wurde diese Neubildung eine sehr spärliche und ist die Dünenlandschaft zu einem Deich, „Noordlandsche Dyk", umgeformt worden, den man mit allerhand Hilfsmitteln zu verbreitern sucht. Dieser Sanddeich hat eine Länge von etwa 7 km (MP[1]), 117 — MP 110). Bei Terheide fängt wieder die neue Dünenlandschaft an, bis südlich von MP 107, bei Smalduin, der Segbroek-Polder sich der Meeresküste nähert und die schmalen Dünen zu einem Deich nivelliert worden sind.

Von Hoek van Holland bis Smalduin liegt östlich von den neuen Dünen ein breiter Streifen „Geest", welcher einige zerstreute niedrige, mit Heide bewachsene alte Dünen trägt. Diese alte Dünenlandschaft erreicht zwischen Monster und Loosduinen eine große Ausdehnung und ist dort durch ihre Bewachsung mit Heide und Wald gekennzeichnet. Zwischen Loosduinen und Haag sind die alten Dünen großenteils abgegraben worden, obgleich namentlich in den Dünen von Meerdervoort, südlich von Haag, noch unverkennbare Reste vorhanden sind. Auf dem kalkarmen Boden befinden sich hier *Sarothamnus scoparius*, *Ulex europaeus*, *Calluna vulgaris* und *Dianthus deltoides*.

Bei Haag schließen sie sich den jungen Dünen an und sind von diesen, die sich von Smalduin an allmählich verbreitern, teilweise überschüttet worden. Durch diese Überschüttung wird das Tal von Wassenaar vom Segbroek-Polder getrennt. Weiter nördlich bis an den Ouden Ryn bei Katwyk aan Zee wird die alte Dünenlandschaft gegen Nordwesten durch einen breiten Streifen von kalkreichen Dünen begrenzt. Welche Verbreitung die alten Dünen gegen Osten haben, ist schon im vorigen Kapitel erwähnt worden. Bei der Durchgrabung für den „Ouden Ryn" bei Katwyk aan Zee sind die neuen Dünen außerordentlich schmal und ist auch nur wenig von der alten Dünenlandschaft übrig geblieben: nur einige Sandplatten, welche Teile des alten Strandwalles sind. Eine dieser Platten trägt die alte Stadt Leiden.

Auch nördlich vom „Ouden Ryn" ist die neue Dünenlandschaft schmal. Die jungen kalkreichen Dünen haben hier ein altes Dünental erreicht und an seiner Westseite überschüttet, wie beim Bauernhof „Rynhoeve" sehr deutlich zu sehen ist. Dieses Tal verschmälert sich zwischen Noordwyk und Noordwyk Binnen, wo die Sandplatten von Vinkeveld und Noordwyk aneinanderstoßen. Weiter nach Norden dehnt sich das Tal zum Noordwyker Polder aus, welcher im Südosten von den alten Dünen und im Nordwesten von kalkreichen neuen Dünen begrenzt wird, die hier schroff gegen das Tal enden, wie beim Bauernhof „Puikenduin" deutlich ersichtlich ist.

[1]) MP = Niederländische Angabe für die Meilenpfähle auf der topographischen Karte.

Gegen Norden werden dann die jungen Dünen allmählich breiter und westlich vom Bauernhof „Sasbergen" stoßen alte und neue Dünen zusammen. Die neuen Dünen schieben ihre Ausläufer und Vordünen in nordöstlicher Richtung vorwärts, erreichen jedoch von hier an fast nirgends wieder die östlich liegenden alten Längstäler. Die Mischung von alten und neuen Dünen macht sich bei „Paardekerkhof" sehr stark geltend und äußert sich deutlich in der Vegetation. Von Sasbergen bis Egmond wird der äußere, nordwestwärts liegende Dünenkomplex an seiner Südostseite von alten Dünen begrenzt, welche zwischen Egmond und Bergen aan Zee das Meer erreichen. Von hier bis Groet sind keine jungen kalkreichen Vordünen vorhanden.

Kehren wir nach Puikenduin zurück. Von hier verbreitert die junge Dünenlandschaft sich allmählich nordostwärts und erreicht zwischen Overveen und Zandvoort ihre größte Breite mit etwa $4^1/_2$ km. Die alten Dünen sind hier größtenteils abgegraben oder von den neuen Dünen überschüttet worden. Hier liegen am Dünenfuß die ältesten Sandgruben, von welchen in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts schon die Rede ist. Auf dem Landgut Elswout bei Overveen ist von VAN EEDEN neben verschiedenen anderen Pflanzen auch Heide (*Calluna*) gefunden worden, welche wohl später infolge der Kultur verschwunden ist; wenigstens ist es mir trotz eifrigen Suchens nicht gelungen, sie wieder aufzufinden. Das Vorkommen dieser Pflanze beweist aber die Zugehörigkeit dieses Bodens zu der alten Dünenlandschaft.

Daß die jungen Dünen hier die alten überschüttet haben, lehren uns neben den Profilen der Sandgruben die historischen Mitteilungen. So lesen wir in KOPS 1798 (S. 93), daß „de Volmeer", auf einer Karte vom „Rynland" noch dargestellt als ebener Boden südlich von Kraantjelek bei Overveen, vergebens von ihm gesucht wurde; „dieses Gebiet war samt der darauf stehenden Wohnung schon 1739 überschüttet und vernichtet worden und ist jetzt (1798) von hohen Dünen bedeckt, welche jedoch ihrer dichten Bewachsung wegen, eine neue Wanderung nicht mehr befürchten lassen". An derselben Stelle spricht er auch „von dem flachen oder hügeligen Boden an der Landseite dieser hohen Dünen, welcher mit Schlagholz und hohen Bäumen bewachsen ist" und gibt an, daß „diese Bestände sich in die Mitteldünen hinein bis Bentveld ausbreiten. Durch diese Niederung geht der Weg nach Zandvoort und hier ist ein Bächlein, in welchem das Dünenwasser nach dem Binnenwasser abfließt".

Diese Strecke besteht noch, ist jedoch nicht mehr so wasserreich. Sie trägt große Bäume, sowohl Buchen, Eichen, Linden, Kiefern als auch Birken, Eschen und Ahorne und auf den nicht kultivierten Teilen wachsen typische Vertreter der alten Dünenflora wie: *Primula acaulis*, *Carex hirta*, *Holcus mollis*, *Festuca ovina*, *Brachypodium sylvaticum*, *Populus tremula*, *Pteridium aquilinum*, *Teucrium Scorodonium*, *Rubus fruticosus*, während die feuchten Stellen *Calamagrostis lanceolata*, *Ranunculus Lingua* und *Athyrium Felix femina* aufweisen. Die Ebene ist teilweise

überschüttet worden, vor allem in der Gegend von Groot-Bentveld, doch auch Naaldenveld, Klein-Bentveld und ein Teil von Boekenrode sind an den niedrigsten Stellen ihrer Oberfläche kalkfrei. Sie gehören geologisch und floristisch den alten Dünen an. Die neuen Dünen umgeben dieses alte Tal und schieben ihre Ausläufer in dieses hinein.

Die alten Dünen von Overveen-Bloemendaal, Santpoort und Velsen sind so stark kultiviert und abgegraben und teilweise so wenig zugänglich, daß ich sie nur kurz erwähne. Sie sind gelegentlich durch Niederungen von den jüngeren Kalkdünen geschieden oder reihen sich ihnen an, während dann die westwärts liegenden Teile überschüttet worden sind. An der jetzt noch im Abbau begriffenen Sandgrube bei Overveen fand ich einen Teil der oben angeführten Beweise für die von mir aufgestellte Theorie über die Bildung unserer Dünenlandschaft.

Weiter unter Velsen finden wir die Güter Waterland, Velserbeek u. a. m. auf den alten Dünen mit der ihnen eigenen Flora. Bei Velsen ist der Dünenrücken durchgraben worden und hier teilt der Nordseekanal eine große Ebene in zwei Teile. Der südliche Teil heißt „Velserheide", der nördliche „Breesaap" und „Rooswyk". Die Velser Heide trägt *Euphorbia Cyparissias, Calluna vulgaris, Orchis Morio, Genista anglica, Sarothamnus scoparius* usw., während in der Breesaap noch dazu kommen: *Genista tinctoria, Geranium phaeum, G. pratense,* welche für die alten Dünen typisch sind. Bei Wyk aan Zee findet sich dieselbe Anordnung wie bei Bentveld und die Täler und Wiesen der alten Dünen liegen bis dicht an das genannte Dorf.

Beim Graben des Nordseekanals ist der Boden durch Wasserentziehung stark beeinflußt worden und viele der früher dort angegebenen Pflanzen fehlen jetzt oder sind doch sehr verkümmert.

Nördlich von Wyk aan Zee finden wir viele fruchtbare Ebenen, welche durch Drainierung für die Kulturen gewonnen sind. Es ist mir nicht gelungen, hier über die Verbreitung der jungen und alten Dünen Sicherheit zu erlangen. Es scheint mir, daß sich hier in vergrößertem Maßstabe ein ähnliches Übergreifen der jungen Dünen über die alten wie bei „Paardenkerkhof" wiederholt. Die Untersuchung dieser Gegend wird namentlich dadurch erschwert, daß man zu diesen für Privatjagd reservierten Gebieten keinen Zutritt erhalten kann. Offenbar haben aber sowohl intensive Kultur, wie Drainierung und Abgrabungen hier die Flora der alten Dünen stark beeinflußt.

Südlich von Egmond erreichen die neuen Dünen etwa $1^1/_2$ km Breite und werden die alten nach und nach schmäler. Von Egmond an verschmälert sich dagegen die junge Dünenlandschaft und endet ungefähr bei Bergen aan Zee. Die alten Dünen entfalten sich hier zu ihrer größten Breite; sie reichen bis an den Strand, wo sie schroff mit einem Kliff abfallen. Bis hierhin konnte die alte Dünenlandschaft stets als „Binnendünen" bezeichnet werden. Hier ist dieses aber nicht mehr der Fall, und dieses ist der Grund, weshalb ich stets der Deutlichkeit wegen von „alten" und „neuen" Dünen

gesprochen habe. Ich bin mir dabei wohl bewußt, daß jede Wanderung der „alten" Dünen in gewissem Sinne eine „neue" Düne bildet, welche jedoch immer aus altem Material aufgebaut ist. Auch finden wir selbstverständlich an der Oberfläche der äußersten Dünen wohl Kalkpartikelchen, welche vom Strande landeinwärts geweht sind. Aber jede frische Windmulde und auch die Kliffe am Strande zeigen uns klar, daß die alten Dünen hier vom Meere erreicht und abgenagt werden. Die Bestimmungen des Kalkgehalts haben solches bewiesen.

Dieser Komplex trägt die höchsten, bis 56 m hohen Dünen. Sie bestehen hauptsächlich aus einem weißen Sand, der vielleicht der Höhe und der damit zusammenhängenden Trockenheit wegen sehr beweglich ist. Die gegen Westen und Nordwesten gekehrten 30—40 m langen Abhänge sind mit *Calluna vulgaris, Betula verrucosa, Lonicera Periclymenum* und *Sorbus aucuparia* dicht bewachsen. Die ihnen entgegengestellten, gegen Südosten gekehrten Sonnenabhänge sind blendend weiß und tragen eine spärliche Bewachsung von *Corynephorus canescens, Viola canina lancifolia, Galium verum* und *Jasione montana.*

In diesem Gebiete treten in den Mitteldünen große Verheerungen auf und finden wir die schönsten Beispiele von tiefen Windkesseln, Windstraßen und Wanderdünen. Als ich am 11. August 1911 dort die Mitteldünen untersuchte, fand ich eine Wanderdüne von mehr als 200 m Stirnbreite und etwa 15 m Höhe, welche gerade damit beschäftigt war, ein Callunetum zu überschütten und hier, gegen Osten mit 20—40 m Höhe endete, indem sie unter einem großen Neigungswinkel steil gegen das Polderland abfiel. Wie bei „Rynhoeve", „Puikenduin" und „Elswout", deutet dieser steile Abfall auf eine schnelle Überschüttung hin. Die Dünen sind an diesen östlichen Abhängen bis zum Gipfel mit Eichengestrüpp bewachsen, und wo ihnen, wie bei Schoorl, noch eine niedrige Dünenlandschaft vorgelagert ist, finden wir mehrere Tümpel mit einer sehr charakteristischen Flora.

Von Alkmaar bis Limmen dehnt sich ein hoher, von Polderland umgebener Rücken aus, welcher größtenteils abgegraben ist und nur in dem „Heilooër Bosch" noch alte Dünen und die sie charakterisierende Flora darbietet. Eine zweite Insel liegt etwas mehr nordöstlich und trägt noch einige kleine Erhöhungen, welche jedoch bald abgegraben sein werden.

Nördlich von der Hondsbossche Zeewering finden wir eine sehr interessante Dünenlandschaft, deren Äquivalent im westlichen Dänemark zu finden ist und von Warming (1909) und Braun (1911) beschrieben wurde. Der Kampf zwischen den alten und den jungen Dünen ist hier zwischen Petten und Callantsoog gut zu beobachten. Diese dreieckige Dünenlandschaft wird an der Landseite durch einen Deich aus kalkfreiem Sande (Zyper-Zeedyk) begrenzt, welcher dicht mit Heide bewachsen ist. Westlich von diesem Deiche liegt eine langgestreckte Niederung, durch eine zerstückelte Dünenreihe von einem 3 km langen Tümpel getrennt, der von einer moorigen Heide umgeben ist. Es ist dies

eine fast ungestörte Dünenlandschaft mit einer nicht beeinflußten Vegetation. Die Dünenreihe, welche die zwei Niederungen trennt, wird „Verloren Dyk" genannt, denn sie war früher ein Deich, welcher aber vom Meere vernichtet wurde.

Vom Westen her wanderten hier wieder die jungen kalkreichen Dünen ein, welche von Petten an auftreten. Sie überschütteten die alte Dünenlandschaft und drangen weit in das „Zwanewater" hinein. In dieser Grenzzone findet man die merkwürdigsten Kombinationen von kalkliebenden und kalkfliehenden Pflanzen.

Beim Dorfe Callantsoog liegt nur eine junge, kalkreiche Dünenreihe, welche schmal und etwa 30 m hoch ist und einen scharfen Kamm hat. Dieses ist eine der schwächsten Stellen der Küste. Das kleine Dorf war früher viel größer und ist das dritte dieses Namens, indem seine beiden Vorgänger vom Meere verschlungen worden sind. Hier sind die neuen Dünen sehr jungen Datums, wie die gegen Norden bis Helder. In nördlicher Richtung bleiben dann die Dünen eine Strecke weit sehr schmal, um sich nachher allmählich bis Groote Keeten zu verbreitern. Hier besteht die Landschaft wieder aus einem Deich mit vorgelagerten Dünen, welche durch eine Niederung voneinander getrennt sind. Diese besteht aus langgestreckten Tälern, von denen viele streckenweise mit Wasser bedeckt sind und welche durch quer verlaufende, teils alte, teils junge Dünen voneinander abgeschlossen sind. Bei Groote Keeten hat 1894 das Meer die äußere Dünenreihe durchbrochen und wurde das hinterliegende Tal von den Meereswellen überflutet. Dessenungeachtet zeigt dieses Tal, „Kerkhof" genannt, nach 16 Jahren dieselbe Flora, wie seine Äquivalente, die damals nicht vom Meereswasser überspült wurden. Die drei Pflanzen, welche dort auf salzigen Boden hinweisen, sind: *Honkenya Peploides, Littorella lacustris* und *Samolus Valerandi*, welche jedoch in den früher nicht überschwemmten Niederungen ebenfalls anzutreffen sind. Die Niederungen: Het Botgat, het Kerkhof und die mehr nördlich gelegenen bis zum Meilenpfahl 2 zeigen denselben Typus.

Die Heidevegetation, welche bei Callantsoog dominierte, nimmt in diesem Gebiete stark ab und die Flora der feuchten Dünenkessel, wie sie in den neuen Dünen vorkommt, wird vorwiegend. Gegen Norden bei Huisduinen fängt wieder ein Heidegebiet an. Dies ist begreiflich, weil, wie wir wissen, Huisduinen und Callantsoog vormals Inseln waren, welche erst später (1610) durch einen Sanddeich verbunden wurden. Dieser besteht noch als ein hoher Sandrücken, welcher die Dünen östlich begrenzt. Soweit dieser Deich von den neuen Dünen überschüttet worden ist, trägt er, wie die vor ihm liegende neue Dünenlandschaft, eine Flora mit kalkanzeigenden Elementen wie *Anthyllis Vulneraria, Eryngium maritimum, Echium vulgare* usw. Aber die bei Callantsoog und Huisduinen auftretende Heidevegetation lehrt uns, daß diese früheren Inseln Reste der alten Dünenlandschaft sind.

Die Strecke von Groet bis Helder ist wiederholt vom Meere zerstört worden. Weit landeinwärts, sowohl in der Nähe von

Callantsoog als südlich von Huisduinen, liegen isolierte Dünenreste [1]) in den Poldern zerstreut. Diese Dünchen tragen eine Heidevegetation, und neuerdings hat man angefangen, sie mit *Pinus silvestris* und *P. laricio austriaca* zu bepflanzen. Vielleicht sind sie Bruchstücke der alten Sanddeiche, welche in früheren Zeiten wiederholt zerstört wurden. Daß hier fortwährend nur Abnahme stattfand, geht wohl daraus hervor, daß alle Deiche und Reste von Deichen Heidevegetation oder wenigstens eine Vegetation mit kalkfliehenden Elementen tragen; sie müssen demgemäß aus altem Material aufgebaut worden sein. Nur in letzter Zeit, etwa von 1610 an, findet durch menschliche Hilfe Zunahme statt, und ist in 300 Jahren die neue Dünenlandschaft entstanden, welche hier vor dem Sanddeich liegt.

In letzter Zeit sucht man durch Anlage von Buhnen bei Helder und Callantsoog die schmalen Stellen dieser jungen Dünen zu verbreitern. Die östlich von „Zanddyk“ liegenden Polder liegen ziemlich hoch und bestehen aus einem Gemisch von Sand und Schlick, welches einen alten Torfboden bedeckt. Noch möchte ich darauf hinweisen, daß hier alle Gewässer durch Humate dunkelbraun gefärbt sind. Auch sind diese Polder völlig ohne Bäume wie die Dünen. In der Umgebung vom „Zwanewater“, wie bei vielen Bauernhöfen hat man vergeblich versucht, Bäume zu pflanzen. Nur einige Weidearten und Rüstern können kümmerlich gedeihen. Als der Sanddeich schon bestand, hatten diese Polder an der Zuiderzeeseite noch keine Deiche und wurden infolgedessen, mit Ausnahme der ihnen aufliegenden Dünenreste, regelmäßig überflutet (Kops 1798). Aber im Jahre 1820 wurden sie auch gegen die Zuiderzee geschützt.

Bei Huisduinen in der Mitte zwischen M P 3 und M P 2 endet der „Zanddyk“. Nördlich davon bilden die sogenannten „Gravelykheidsduinen“ eine von Dünenreihen unterbrochene Niederung. Die Heldersche Wasserversorgung hat hier ihre Sammelanlage, und beim Friedhof findet man ein ausgedehntes Callunetum, während die westlich liegenden kalkreichen Dünen hier nur einen oder zwei Rücken breit sind.

Hiermit habe ich die Verbreitung der beiden verschiedenen Dünenlandschaften in großen Zügen angegeben.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die „alten Dünen“ meistens als Binnendünen und die „neuen Dünen“ als Außendünen auftreten. Nur zwischen Bergen und Groet erreichen die alten Dünen das Meer. Von den neuen Dünen gehört nur der mittlere Teil den mittelalterlichen Dünen an, während die nördlichen und südlichen Partien in den letzten Jahrhunderten durch menschliche Hilfe gewonnen worden sind.

---

[1]) Diese Dünenreste sind hier unter dem Namen „Heetnollen“ bekannt, und Nolle wird im Süden von Holland gebraucht für Bruchstücke eines Deiches. Andererseits fand ich von Braun (1911) den Namen „Svenske Knolle“ angegeben für einen mit Dünen besetzten Sandrücken in der Nähe von Blaavandshuk im Norden von Dänemark. Ob diese Benennung vielleicht mit der unsrigen übereinstimmt, ist hier eine offene Frage.

Abschnitt II.

Edaphische Bedingungen.

§ 1. Der Kalkgehalt.

Daß dieser stark wechseln kann, hat schon KOPS (1798) berichtet, wo er sagt: „Die hohen Dünen bestehen nur aus Sand, einmal mit, dann wieder ohne Muschelschalentrümmer."

STARING (1856) sagt: „Der Dünensand ist mit kleinen, für das unbewaffnete Auge sichtbaren Muschelschalenresten gemischt. Diese Trümmer sind weder allgemein verbreitet, noch ein festes Kennzeichen des Dünensandes. Bei Overveen findet man sie auf den höchsten Gipfeln, im Koningsduin bei Egmond sehr häufig, während die Binnendünen zwischen Haarlem und Warmond keine Spur von Kalk in dieser Form aufweisen." Weiter empfiehlt er genaue Untersuchungen, um festzustellen, ob das Fehlen oder Vorkommen der Muschelschalenreste möglicherweise in Zusammenhang zu bringen sei mit der Zeit, vielleicht sogar mit der Art und Weise, in der sich die Hügelreihen gebildet haben.

Auch DELESSE (1871) leitet das Vorkommen des Calciumcarbonats von den Schalenresten von Meeres- und Landtieren ab und alle späteren Untersucher bestätigen dieses. Daneben fanden aber RETGERS (1891) und SCHROEDER VAN DER KOLK (1895) bei den mineralogischen Untersuchungen der Dünensande noch Calcitrhomboeder, welche sich jedoch in sehr geringer Zahl vorfanden und von karbonischem Kalkstein bei Lüttich und Namen herstammen sollen. Dieser Fund ist bemerkenswert für die Herkunft der Sande, für die chemische Zusammenstellung hat er aber gar kein Interesse.

LORIÉ (1893) versucht den Unterschied im Kalkgehalt von „Binnendünen" und jungen Dünen zu erklären, indem er sagt: „Die ‚Meeresdünen' empfangen fortwährend neue Kalkfragmente. Der in dem Sande der Binnendünen vorhandene Kalk ist allmählich durch das Regenwasser gelöst und hat sich in der Nähe des Grundwasserspiegels angesammelt......... Für das hohe Alter der Binnendünen spricht die Tatsache, daß der Sand kalkfrei ist, während derjenige der ‚Außendünen' Kalk enthält." Auch in der Arbeit von SOLGER (1910) finden wir eine solche Auslaugung angegeben. Er sagt auf S. 94: „Und um die Parallele mit den Diluvialschichten vollständig zu machen, findet man in manchen Dünensanden in der Tiefe sogar einen Kalkgehalt."

Die ersten Ziffern über den Kalkgehalt hat uns STARING (1856) gegeben. Nach ihm wechselt er zwischen 3—10 %. Weiter verdanken wir solche DELESSE (1871), der viele Sandmuster von der niederländischen Küste beschreibt und angibt, daß der von der Flut angeschwemmte Sand kalkreicher sei als derjenige, welchen die Ebbe ausspült; der Unterschied sei 4 %. Dagegen soll der Dünensand bei Zandvoort und Scheveningen nur Teile eines Prozent enthalten. Der Strandsand von Zandvoort hat nach ihm einen Gehalt von 12 %, von Petten und Helder und der Insel

Texel nur 2 %. Er fand sogar in einem, in der Nähe von Zandvoort am Abhang einer Düne genommenen Muster 29,5 % Kalk[1]).

SCHROEDER VAN DER KOLK (1895) behauptet: „Was den kohlensauren Kalk betrifft, ist dieser ein zu wenig dauerhafter Bestandteil der Sande und lasse ich ihn außer Betracht.“ Er ließ jedoch eine Serie von Mustern auf ihren $CaCo_3$-Gehalt untersuchen. Herr G. ROMYN befolgte dabei die Methode der Härtebestimmung, welche aber nicht die geeignete ist, weil auch Mg und Fe die Reaktion beeinflussen. Die erhaltene Übersicht genügt jedoch, um deutlich zu zeigen, daß die Sande der alten Dünen nur etwa $^1/_{100}$ des Kalkgehalts derjenigen der neuen Dünen besitzen und daß zwei scharf getrennte Gruppen von Zahlen vorkommen. Ich füge eine ähnliche Gruppe von mir selbst gesammelter Muster hinzu.

Kalkgehalt von zwei Serien von Mustern, genommen von den inneren alten Dünen bis in die äußeren neuen Dünen.

Nr.	Herkunft	Gehalt
504	„Binnendüne“ Sassenheim	0,037 R
505	Noordwykerhouter Geest (hohes Terrain)	0,031 „
507	„Binnendüne“ bei Noordwyk (niedriges Terrain)	0,037 „
509	Oude Zeeweg (niedriges Terrain) .	3,80 „
510	„Meeresdüne“	3,90 „

Analysen von Dr. G. ROMYN (1895).
Muster gesammelt von SCHR. V. D. KOLK.

Nr.	Herkunft	Tiefe	Gehalt
6	Alte Düne Noordwykerhout	0,10–0,20 m	0,0079 R
23	Alte Düne Heemstede .	„	Spuren
18	Neue Düne Overveen .	„	3,106 R
16	„ „ Bentveld .	„	2.634 „
12	„ „ Zandvoort .	„	9,258 „

Analysen von Dr. ERNST RÜST, Zürich.
Muster gesammelt vom Autor (1910).

Die einzige Schlußfolgerung, welche SCHROEDER VAN DER KOLK damals aus diesen Ziffern zog, war: „daß höchstwahr-

[1]) DELESSE hat die von ihm untersuchten Muster nicht selbst gesammelt; sie wurden ihm aus Holland zugeschickt und er war demzufolge mit den lokalen Bedingungen, welche den Kalkgehalt so außerordentlich stark beeinflussen, nicht vertraut.

scheinlich nur die Nähe des Meeres Einfluß auf den Kalkgehalt ausübt.“

Bei den Traversierungen, die ich gemacht habe bei Haag, Katwyk, Noordwyk, Noordwykerhout, Sasbergen, Paardenkerkhof, Vogelenzang, Haarlem, Velsen und Wyk aan Zee habe ich stets an den dazu geeigneten Stellen den Sand in einer Tiefe von 10 bis 20 cm mittels HCl auf seinen Kalkgehalt geprüft. Stets habe ich für Kontrollebestimmungen Muster mitgenommen, von denen Dr. ERNST RÜST [1]) in Zürich die Freundlichkeit hatte, den Kalkgehalt zu bestimmen.

Daß die einfache, rohe HCl-Methode eine zweckmäßige und zuverlässige ist, geht daraus hervor, daß die chemische quantitative Analyse meine Wahrnehmungen im Felde stets völlig bestätigt hat.

Stets war der Kalkgehalt der alten Dünen in geringer Tiefe so klein, daß mittelst HCl kein Aufbrausen folgte. In westlicher Richtung trat dann stets plötzlich ein starkes Brausen auf und war auch der Kalk dem Auge sichtbar. Die höchste Zahl des Kalkgehalts an der Oberfläche der alten Dünen war 0,068 % in einer Tiefe von 10—20 cm, die niedrigste Zahl der neuen Dünen war 2,634 %, also ein bedeutender Unterschied. Dieses plötzliche Auftreten deutete wenigstens auf eine Transgression und das Fehlen von Übergangsziffern an allen genannten Stellen brachte mich zuerst auf den Gedanken, daß die Landschaft, welche solche aufweisen könnte, entweder überschüttet oder vom Meere vernichtet worden sei; eine Ansicht, welche sich später als richtig herausgestellt hat, wie wir oben gesehen haben.

Wie ich schon hervorgehoben habe, ist die Verbreitung des Kalkes in vertikaler Richtung in alten und jungen Dünen eine verschiedene, je nach dem Alter und der Entstehungsart. Einige Zahlen mögen genügen, dieses zu beweisen.

---

[1]) Die meisten der anzuführenden Zahlen (mit R bezeichnet) verdanke ich der Liebenswürdigkeit von Dr. ERNST RÜST in Zürich, in dessen Laboratorium ich auch Gelegenheit fand, alle Muster auf Korngröße zu untersuchen. Es sei hier die Gelegenheit benutzt, Herrn RÜST meinen besten Dank auszusprechen. Die von ihm befolgte Methode sei hier beschrieben: Zu den Proben mit größerem Kalkgehalt wurden je 20 g, zu jenen mit geringerem Kalk ± 100 g Sand verwendet. In beiden Fällen siebte man die Muster erst durch ein Sieb von 1 mm Maschenweite. Bei Verwendung von 20 g Sand gestaltete sich die Kalkbestimmung folgendermaßen. Der lufttrockene Sand wurde mit 50 cm³ 10 % HCl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erwärmt. Dann wurde vom ungelösten abfiltriert und das Filtrat unter Zusatz von Salpetersäure (zur Oxydation des Eisens) auf ein kleines Volumen eingedämpft und in einem 250 cm³ haltenden Meßkolben übergespült. Dann wurde durch Ammoniakzusatz Eisen und Aluminium gefällt, der Meßkolben mit destilliertem Wasser aufgefüllt und 50 cm³ der gut gemischten Lösung abfiltriert. In diesem Filtrat wurde mit Ammoniumoxalat der Kalk gefällt, abfiltriert, der Niederschlag im Platintiegel rotgebrannt, CaO gewogen und auf $CaCO_3$ umgerechnet. Von den kalkarmen Mustern wurde durch Vergleichsproben festgestellt, daß ihr Kalkgehalt zwischen 0,068 % und 0,008 % schwankte.

Einige später noch gesammelten Muster wurden von Herrn W. V. D. SLEEN in Haarlem untersucht. Ich habe diese mit S. gezeichnet. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn V. D. SLEEN für diese Hilfe meinen besten Dank auszusprechen.

Alte Düne der Sandgrube Twistduin		Neue Düne bei Overveen	
Tiefe	Kalkgehalt	Tiefe	Kalkgehalt
0,10—0,20 m	0,008 % R	0,10—0,20 m	3,106 % R
0,30—0,40 m	0,068 % R	0,50—0,60 m	3,603 % R
2,00—2,50 m	0,24 % S	1,50—1,60 m	4,373 % R
5,50—6,00 m	2,88 % S		

In den Ziffern der alten Dünen sehen wir oben einen sehr geringen Gehalt und dann nach unten eine plötzliche Zunahme. Diejenigen der neuen Düne zeigen aber eine allmähliche Zunahme. Die ersteren Zahlen deuten auf eine weitgehende Auslaugung, die letzteren aber auf eine junge, erst wenig fortgeschrittene Verwitterung.

Die Düne bei Overveen ist spärlich mit Gräsern, Veilchen und einigen Korbblütlern bewachsen und liegt $4^1/_2$ km vom Meere entfernt. Hier ist es offenbar nicht die „Meeresnähe", sondern nur die Jugend der Düne, welche die hohen Zahlen bedingt. Sind die Dünen dichter bewachsen, so ist an der Oberfläche der Kalkgehalt etwas geringer. So fand ich auf dem Landgut „de Ebbinge" an einem nach Nordwesten gekehrten Abhang unter einem Gehölz von Buchen, Eichen und Birken einen Gehalt von 2,634 auf 10—20 cm Tiefe, und an einem gegen Südosten exponierten Abhang unter der Lichenendecke in derselben Tiefe 2,751 %.

Betrachten wir das Profil einer angefressenen neuen Düne, so sehen wir einen starken Wechsel des Kalkgehalts, welcher sich in zentimeterdicken Schichtchen äußert. Es gibt solche, die fast ausschließlich aus Kalk bestehen und andere, welche fast nur Sand führen. Schichtchen nach Schichtchen sind durch an Kraft stark wechselnde Winde deponiert worden. Wenn, wie ich am Strande öfter beobachtete, während längerer Zeit ein mäßiger Wind weht, so werden nebst feinem Sand, sehr viele Muschelschalentrümmer aufgenommen und im Windschatten von verschiedenen Gegenständen (große Muschelschale, ein Stück Holz usw.) deponiert. Der Wind faßt sie leicht an, erstens weil ihr spezifisches Gewicht gering ist, und zweitens weil sie eine relativ große Oberfläche darbieten. In dieser Weise kann man sich die Entstehung der kalkreichen Schichtchen vorstellen.

Weiter hängt die ungleiche Verbreitung der Schalentrümmer von der An- oder Abwesenheit von Tierresten an Ort und Stelle ab. Es gibt große Strecken an der Küste, wo sehr viele Meerestiere, Mollusca, Crustacea, Echinodermata usw., und deren Reste angeschwemmt werden, andere, wo solches nicht oder in erheblich kleinerem Maße der Fall ist. Diese Strecken sind aber nicht konstant. Sie stehen in Korrelation mit den sich bewegenden Sandbänken an der Küste und mit Anschwemmung und Abfuhr, und dieses deutet klar auf die Möglichkeit eines Wechsels während größerer Perioden hin.

Dazu kommt noch ein Wechsel, welcher von der Windrichtung abhängig ist. Bei Südost-, Ost- und Nordostwinden wird das

oberflächliche Wasser zurückgedrängt und entsteht in der Tiefe ein Gegenstrom, welcher vieles, was sonst ruhig liegen bleibt, anspült. Dann findet man auch allerhand Tiere, welche sonst auf dem Strande nicht oder sehr selten anzutreffen sind. Die Sturmfluten haben eine ähnliche Wirkung. Nach einem Sturm im Herbste 1903 war auf dem Strande bei Zandvoort eine langgestreckte Muschelbank dicht am Dünenfuß abgesetzt worden. Sie bestand aus lebendigen Tieren, welche fast ausschließlich einer sonst verhältnismäßig wenig vorkommenden Art: Mactra stultorum angehörten, war $\pm$ $2^1/_2$ m breit und $\pm$ 0,5 m hoch. In gewöhnlichen Zeiten spielen Mactra solida und Cardium edule die Hauptrolle. Höchstwahrscheinlich lebt jene Art in einer Tiefe, in der die gewöhnliche Wellenbewegung sie nicht erreicht.

Ferner werden die Muschelschalen stark durch Küstenversetzung verbreitet. Je mehr man sich Helder nähert, desto mehr nordische Arten treten auf, wie z. B. Tapes sp., Cardium norvegicum und C. echinatum.

Auffallend arm an Muschelschalen ist der nördliche Teil des Strandes von Bergen bis Helder. Dies ist durch die Abnahme des Strandes zu erklären, durch welche vieles Material mit ins Meer gerissen wird, während nur wenig angeschwemmt wird.

Sogar das letzte Mal, im Sommer 1911, als während längerer Zeit Ostwinde geweht hatten, fanden wir sehr wenige Arten und auch die Menge der Individuen war nur sehr klein. Die Mactra- und Cardium-Arten zeigten fast alle eine bläuliche Farbe. Vielleicht sind es die Schalen, welche vor Jahrtausenden in dem alten Strandwalle aufgenommen worden sind und seitdem wieder losgewühlt wurden. Typisch ist hier das relativ reiche Auftreten von Bohrmuscheln, wie Pholas candida, Petricola pholadiformis und Ph. crispata. Sie stammen, aller Wahrscheinlichkeit nach, von den Moorbänken bei Helder, welche dort unter dem Schlamm des Salicornietums liegen. Ihr Vorkommen bei Petten und Callantsoog deutet wohl auf die Kraft der gegen Süden gerichteten Gegenströmung hin. Die schwarzen Mytilus-Schalen bilden hier eine dunkle Flutlinie. Ihr Vorkommen ist leicht zu verstehen: sie wachsen zu Millionen auf den Buhnen und werden bei jeder Flut mitgerissen.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß bei solch einem Wechsel des vorhandenen Materials und der darauf wirkenden Kräfte auch die daraus resultierenden Bildungen einen Wechsel an Kalk, sowohl in vertikaler als in horizontaler Richtung, aufweisen müssen. In Zeiten, wenn viel Kalkmaterial vorhanden war, fand ich kleine Dünchen, welche fast nur aus diesen Trümmern aufgebaut waren. So im Jahre 1904 bei Zandvoort, wo dieser Sand 22,3 % $CaCO_3$ enthielt, als Mittelwert aus vier verschiedenen Dünchen.

Im September 1910 habe ich bei Ymuiden hinter dem nördlichen Hafendamme folgendes beobachtet: Der breite Strand, welcher hier alljährlich eine Zunahme zeigt, war mit kleinen, flachen Dünchen von sehr unregelmäßiger, meist ovaler Gestalt bedeckt. Es wehte ein mäßiger Wind und wir sahen, daß Kalk-

trümmer und feiner Sand mitgeführt und den Dünchen zugefügt wurden. Auch pflanzliche und tierische Reste wurden dort deponiert. In keinem der von mir darauf untersuchten Dünchen, welche man „Proembryonaldünen" nennen könnte, fand ich ein Hindernis, welches Anlaß zu ihrer Bildung gegeben hätte. Zwei Tage später wehte ein kräftiger Nordwestwind, der Strand wurde kahl gepeitscht und das Material der ephemeren Bildungen den Embryonaldünen zugeführt. Der Kalkgehalt dieser Dünchen war 8,684 % und ihre Korngröße war erheblich kleiner als diejenige der „Vor-Dünen".

Der dem Meere zugekehrte Abhang der ersten Dünenreihe bei Zandvoort führte am 1. Dezember 1910 9,258 % $CaCO_3$. Die ungebrochenen Schalen bleiben meistens auf dem Strande liegen und werden dann bei der Ausbreitung des Strandes überschüttet. In dieser Weise entsteht die Muschelschalenbank, welche überall unter den Dünen liegt. So wird sich der meiste Kalk an der Leeseite der Vordüne oder „Zeelooper" anhäufen, und können wir uns einen Gehalt von 29,5 %, wie DELESSE angibt, sehr gut entstanden denken.

Wir sehen aus diesen Zahlen und Tatsachen, daß der Kalkgehalt der oberflächlichen Schichten der neuen Dünen ein erheblich größerer ist als derjenige der alten Dünen. Denn der letztere schwankt in den vielen von mir gesammelten Mustern zwischen 0,068 und 0,079 %, wie aus den Analysen von Dr. E. RÜST hervorgeht. Zwischen diesen Zahlen schwanken auch die Sande der Berger-Dünen, Schoorler-Dünen in Meeresnähe, Camperduin-kliff am Strande bei Groet, der „Geest" und der Sand der Heide von Putten bei Ermelo, unter einem Callunetum in einer Tiefe von 0,5 m. In Übereinstimmung damit ist der Gehalt von 0,08 %, welchen MAYER (zitiert von SCHROEDER VAN DER KOLK 1895) als die mittlere Zahl für unsere Heiden angibt.

Nach WARMING (1909) nimmt auf der Insel Sylt der Kalkgehalt in der Richtung landeinwärts allmählich ab, am Strande: 7,7 %, 150 m vom Meere 5,67 % und 1500 m vom Meere 2,28 %. Diese Zahlen dürften meines Erachtens auf eine stetige Ausbreitung der Dünen hinweisen. Dann gibt er noch Zahlen für den Kalkgehalt von Flugsand und Bleichsand der Heide (Bleichsand 0,008 %, Flugsand bis 0,022 %).

Die Ziffern, welche MASSART (1908) für die belgische Heidefläche gefunden hat, sind noch viel niedriger. Der Kalk der Heidefelder kann von Landschnecken herstammen, ist jedoch bei etwas tieferen Mustern nur auf den Kalkgehalt des Materials zurückzuführen, welches die Sande geliefert hat (RETGERS und SCHROEDER VAN DER KOLK, siehe weiter unten: Mineralogische Zusammensetzung).

Nie habe ich bei meinen Untersuchungen gefunden, daß der Kalk als Kittsubstanz auftrat. LORIÉ (1897) fand auf dem Strande von Ameland und Terschelling Stücke von mit Sand verkitteten Muschelschalen. W. V. D. SLEEN zeigte mir solche, am Strande von Zandvoort aufgefundene, welche einen Kern von Eisen führten

(Stücke von Schiffen). Auch BRAUN (1911) berichtet, dergleichen Funde gemacht zu haben, während VAN BAREN (1910) solche von Katwyk meldet und ausdrücklich hervorhebt, daß die Kittsubstanz Kalk sei.

Die Muschelschalen werden von den Bewohnern der Stranddörfer gesammelt; sie fischen sie im Meere mit Netzen oder sammeln sie mit Sieben auf dem Strande (Callantsoog). Sie werden mittels Karren transportiert und überall an der Küste sind sogenannte „Slagen" und „Schulpwegen", d. h. Wege für den Transport der Muschelschalen. Sie dienen hauptsächlich für das Kalkbrennen und für das Härten der Wege. Auch werden sie mit Dampfschiffen, sogenannten „Schelpzuigers", im Meere gefischt. Im Jahre 1894 war der Gesamtertrag bis 100,000 m^3 gestiegen (siehe f. d. Betrieb: LORIÉ 1897).

Das Leitungswasser, welches aus den Dünen bezogen wird, zeigt auch einen größeren Kalkgehalt als das Wasser der Heiden. Zu diesem Schlusse lieferte mir eine statistische Übersicht der verschiedenen Wasserleitungen die nötigen Zahlen.

Dabei ist aber in Betracht zu ziehen, daß die Wassergewinnung nicht immer in derselben Weise vor sich geht. Die größeren Städte brauchen eine weit ansehnlichere Menge als vom Regenfall geliefert wird. Darum hat man mehrfach Tiefdrainage angewandt, durch welche kalkhaltiges Wasser aus den diluvialen Schichten in Anspruch genommen wird. Auch sind nicht alle Leitungen entlang der Küste in neuen Dünen gemacht worden, wie das z. B. mit Haarlem, Leiden, Haag und Amsterdam der Fall ist, sondern es finden sich auch einige in den alten Dünen von Bergen, Alkmaar und Huisduinen vor. Die Kanäle der Sammelanlage für Amsterdam sind außerdem zwar teilweise in den jungen Dünen gegraben, schneiden aber auch die transgredierten, alten Dünen an.

In nachstehender Tabelle sind die Bestandteile des Leitungswassers angegeben, welche für uns von Interesse sind.

		Feste Stoffe	CaO	Cl	Fe_2O_3	Härte [1])
		Milligramme pro Liter				
	A. Dünenwasser:					
1907	Haag	326,0	120 6	33.6	1,4	13,2
„	Leiden	396,0	142,0	51.4	—	15,0
„	Amsterdam . . .	341,3	129.5	34 5	—	14,24
„	Haarlem	319,0	117,2	40,3	—	13 0
„	Helder	290.8	—	62.8	0,25	7.4
„	Alkmaar	245 0	77,0	—	—	—
	B. Heidewasser:					
„	Apeldoorn	3,68	0,2	—	Spuren	0,35
„	Utrecht	80,0	Spuren	—	—	2,3
„	Enschedé	—	53,3	24,0	Spuren	—
1906	Eindhoven	—	37,92	—	0,589	4,33

[1]) Härte in deutschen Graden.

Diese Zahlen sind der obengenannten Übersicht über die Jahre 1906—1907 entnommen. Aus ihnen ist leicht ersichtlich: 1. daß der Gehalt an festen Stoffen im Dünenwasser viel größer ist als im Heidewasser; 2. daß der Kalkgehalt im Dünenwasser ebenfalls größer ist als im Heidewasser und daß in den Zahlen des letzteren sich zwei Gruppen unterscheiden lassen, welche wohl von Unterschieden in der Herkunft des nördlichen und des südlichen Diluviums herrühren. Das Wasser von Alkmaar, aus der Prise d'eau bei Bergen in den alten Dünen, hat einen für Dünenwasser relativ niedrigen Gehalt. Die Leitung ist jedoch noch sehr jung und auch das Amsterdamer Wasser zeigte früher, nach freundlicher Mitteilung des Herrn W. v. d. SLEEN, viel niedrigere Zahlen. Aus den Härteziffern geht wohl dasselbe hervor: Dünenwasser hohe, Heidewasser niedrige Ziffern. Die Angabe für Helder ist mir darum willkommen, weil auch die Heldersche Prise d'eau in den alten Dünen, und zwar in jenen von Huisduinen liegt.

Das Wasser, welches sich in den Dünen in Trinkpfützen für Jagdhunde und Vögel ansammelt, zeigt nur geringe Spuren von Kalk, so auch das Wasser, das auf den Torfschichten der Sandgruben absickert (letzteres nach mündlicher Mitteilung des Herrn J. VAN BAREN).

Herr A. J. STOEL in Haarlem war so liebenswürdig, mir einige Zahlen mitzuteilen, von welchen ich hier die folgenden wiedergebe:

	Tiefe	CaO[1])	Feste Stoffe	
Castricum „Koningsduin" .	5,50—7,50 m	112	240	Kalkreiche Düne der neuen Landschaft.
„ „ .	34—36 „	124,4	348	
Alkmaar	4—6 „	112	637	„Geest" und Torf.
Santpoort	7,5—9,5 „	123,9	356,6	Alte Düne.

Der Kalkgehalt ist auch hier ein geringer und bleibt sich ungefähr gleich, der Gehalt an festen Stoffen dagegen ist schwankend und besonders für Alkmaar sehr hoch, was vielleicht auf die torfreiche Umgebung zurückzuführen ist.

Das Wasser unter den alten Dünen ist meistens braun gefärbt, wie auch PENNINK (1904) berichtet. Dies rührt wohl von der Verwesung, von der Anhäufung von Humaten und von der Anwesenheit der alten Torflinsen her. Es sind jedenfalls organische Bestandteile, durch Alkalien und eisenreiche organische Verbindungen stark gefärbt (W. v. d. SLEEN, mündliche Mitteilung).

[1]) Milligramme pro Liter.

§ 2. Die mineralogischen Bestandteile des Dünensandes.

KOPS (1789) hat schon angegeben, daß Quarzkörner die Hauptmasse des Dünensandes bilden und erwähnt auch das Vorkommen von Eisen. STARING (1856) nennt auch fast nur Quarz, spricht daneben seine Befremdung aus, daß im Dünensande nur kleine Körner auftreten und fast nie Steinchen, wie dies an der englischen Küste so häufig der Fall ist.

DELESSE (1871) nennt eine ganze Reihe von Mineralien, welche er aus den Sandmustern aussuchte und hebt dabei hervor, daß der Strandsand an jedem Punkt andere mineralogische Eigenschaften aufweist, wiewohl alles Material aus dem Meere stammt und Gezeiten und Strömungen eine fortwährende Mischung veranstalten. Er fand Quarz von verschiedener Farbe, ferner Glimmer, Feldspat, Granat und Glauconit. Das letztere Mineral soll nach ihm auf der belgischen Küste vielfach vorkommen und nach dem Norden hin seltener werden, was jedoch wohl noch zweifelhaft ist. Es wäre günstig, wenn dem so wäre, weil dann wenigstens ein Beweis durch totes Material dafür da wäre, daß die Küstenversetzung aus dem Süden, Material aus dem Pas de Calais bis Holland transportiert hat. Neuere Untersuchungen über dieses Mineral werfen jedoch ein ganz anderes Licht auf seine Verbreitung und Entstehung und lassen ein Vorkommen, wie es DELESSE angibt, fast unmöglich erscheinen.

Die wertvollen und grundlegenden Untersuchungen von RETGERS (1891—1895) brachten die überraschende Entdeckung, daß die weicheren und leicht spaltbaren Mineralien, wie Kalkspat und Feldspat, in einem ziemlich hohen Prozentsatz in dem Dünensande vorkommen. So fand er von der Orthoklasgruppe 2,5 %, von der Kalkspatgruppe 7,5 %, gibt jedoch dabei an, daß seine Proben eine geringe Beimischung von Quarzkörnern wegen der schwierigen Absonderung enthielten, weil das spezifische Gewicht von Quarz gerade zwischen Kalkspat und Orthoklas liegt [1]).

Wir können jedoch aus ihrem Vorkommen ersehen, daß die Verwitterung, welche beim Wasser- und Windtransport auftritt, nicht so groß ist, wie allgemein angenommen wird. Erstens hat sowohl die mechanische als auch die chemische Verwitterung die Felsen zertrümmert und zweitens wurde das Material von den Flüssen mitgerissen und stets mehr zerkleinert, dem Meere zugeführt. Die Strömungen und Gezeiten arbeiteten weiter und das an den Strand geworfene Material wurde schließlich noch der Winderosion ausgesetzt.

LORIÉ (1897) nimmt jedoch an, daß die mechanische Zerkleinerung ganz bestimmte Grenzen hat. Die Körner werden fast nie kleiner angetroffen als $1/4$ mm und die Korngröße der weicheren Mineralien ist nicht geringer als diejenige der härteren. Nur sind bei allen die Ecken abgerundet, während nur die härtesten, wie

---

[1]) RETGERS benutzte für seine Untersuchungen Lösungen von hohem spezifischen Gewicht, mittels deren er bestimmte Gruppen von Mineralien absondern konnte.

Spinelle und Granate, noch scharfe Kanten aufweisen. Nach RETGERS (1891) ist die Verwitterung meistens soweit gegangen, daß fast jedes Korn nur aus einem Mineral besteht und nur ein Individuum, oder auch nur einen Teil desselben, darstellt, was ihm die mineralogische Untersuchung bedeutend erleichterte. Die Bestimmung der Herkunft des Sandes wird dadurch erleichtert, daß meistens das Zusammengehen einiger Mineralien die Herkunft des Muttergesteins angibt. Übrigens strömen die Flüsse durch petrographisch weit verschiedene Gebiete und kommen die meisten der aufgefundenen Mineralien recht allgemein vor.

Daß RETGERS die von ihm gefundenen Kalkspate dem karbonischen Kalkstein von Lüttich und Namur zuschreibt, scheint mir nicht ausreichend begründet. Sie können gerade so gut von Dänemark oder von den Falaises bei Calais stammen.

RETGERS (1891) fand die folgenden Mineralien: *Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas, Cordieriet, *Quarz, *Kalkspat, *Apatit, *Amphibol, *Turmalin, *Pyroxen, *Epidot, Titanit, Sillimannit, Olivin, *Granat, *Staurolith, Disthen, Korund, Spinell, *Rutil, *Zirkon, Magnetit, Titaneisen, *Jemeniet, von denen die mit * gezeichneten die häufigsten sind.

Er fand folgende Prozentsätze:

Gruppe	%	
Orthoklasgruppe	2,5 %	95 %.
Quarzgruppe	85,— ,,	
Kalkspatgruppe	7,5 ,,	
Amphibolgruppe	1,5 ,,	2,5 %.
Pyroxengruppe	1,— ,,	
Granatgruppe	2,4 ,,	2,5 %.
Rutilgruppe	—,— ,,	
Zirkongruppe	0,1 ,,	
Eisenerzgruppe	0,05 ,,	

Hieraus ist zu sehen, daß der Quarz der Hauptbestandteil ist und wohl zwischen 90 und 95 % wechselt, da den Orthoklas- und Kalkspatgruppen auch noch etwas Quarz beigemischt war. Von den übrigen Mineralien sind Granate und Amphibole die verbreitetsten, während die gesamten Eisenerze nur 0,05 % des Sandes ausmachen.

Sowohl das Vorkommen von Cordieriet, Mikroklin, Orthoklas und die Einschlüsse der Quarzkörner, wie auch die Armut an Eisen deuten nach RETGERS (1891) darauf hin, daß die eisenarmen und kieselsäurereichen Glieder des Urgesteins, wie Granite, Gneise und Glimmerschiefer die Muttergesteine des niederländischen Dünensandes sind. Dieses ist im großen und ganzen wahr, jedoch hebt LORIÉ (1897) hervor, daß auch sekundäre Gesteine, wie z. B. Sandsteine zu seiner Bildung beigetragen haben und also eine direkte Abstammung möglich, jedoch nicht notwendig ist. Auch die Turmalin-, Granat-, Hornblende- und Augitkörner weisen auf diese Herkunft hin (RETGERS 1891).

Die Granate sind ein unwesentlicher Bestandteil der Gneise und der kristallinen Schiefer, werden jedoch durch ihre Härte zu

einem wesentlichen Bestandteil der Dünensande. Sie sind gar nicht oder wenig spaltbar und besitzen eine große Widerstandsfähigkeit verschiedenen Faktoren gegenüber, verwittern also nicht leicht. Durch diese Eigenschaften ist ihre Anhäufung zu erklären. Denn eigentlich bleibt ihre Menge etwa dieselbe, während die am leichtesten spaltbaren und leicht löslichen Mineralien stark abnehmen.

Auch Spinelle und Zirkone gehören zu dieser Gruppe und zeigen öfter noch unveränderte Formen. Sie gehören mit den Granaten und den Magnetiten zu den schwersten Mineralien und werden durch die schwachen Meeresströmungen selektiert, wenn der vom Wellenschlag in die Schwebe gebrachte Sand einer Sandbank zugeführt wird, welche die Kraft der Strömung bricht. Die schweren Körner fallen dann zuerst und häufen sich auf den Sandbänken an, während die leichteren weitergeführt werden (Schroeder van der Kolk 1895).

So ist das Vorkommen 30—40 cm dicker Granatbänke an der Küste bei Bergen zu erklären, wo ich in einem frisch abgetragenen, senkrecht abstürzenden Dünenprofil zwei solche Bänke beobachtete, welche fast nur aus Granat und Magnetit bestanden. Die Abtragungsfläche wurde vom Winde angegriffen und die Granate und Magnetite wieder mit dem Quarz gemischt, denn der Wind trennt nicht nach der Schwere, sondern nach der Korngröße. Bei einer mechanischen Scheidung zur Bestimmung der letzteren ergab sich, daß die Granate und Magnetite meistens weniger als $^1/_4$ mm Durchmesser haben. Dieser gemischte Sand wurde an dem Tage, als ich diese Profile beobachtete, vom Wind landeinwärts getrieben und über den Gipfel hinweggetragen, wo er im Windschatten ruhig hinunterglitt, infolgedessen jeder neue Sandstreifen einen roten Saum von Granaten zeigte, da diese ihrer Schwere und Kleinheit wegen sich schneller bewegt hatten.

Wehen während längerer Zeit östliche Winde oder gibt es einen Sturm aus dem Südwesten, Westen oder Nordwesten, so entsteht eine tiefgehende Strömung, die Sandbänke werden angegriffen und dadurch zeigt auch der Strandsand einen hohen Gehalt an schweren Mineralien. Schroeder van der Kolk (1894) beobachtete einmal bei Scheveningen am Strande einen Gehalt von 71 % und einmal 90 %. Ich selbst fand bei Zandvoort und Bergen den Sand nach Stürmen dunkelrot von Granaten. Neben dem Wandern der sämtlichen Sandbänke der Küste entlang sind dies die Hauptfaktoren, welche den stark wechselnden Mineralgehalt der Dünensande verursachen.

Nach Staring (1856) ist der Glimmer in den Dünen sehr selten. Auch Retgers (1891) erwähnt seine Seltenheit: „Er wird mit dem Schlamm weit ins Meer fortgeführt." Nach meinen Erfahrungen jedoch kommt Glimmer sowohl in den alten als in den neuen Dünen vor, ist jedoch in den letzteren seltener. In den alten Dünen sieht man ihn überall schimmern und mit der Pincette ist es leicht, eine Menge von Blättchen zu sammeln; es sind sogar stellenweise kleine Paketchen dieses Minerals vorhanden.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß der Dünensand ein verhältnismäßig junger Sand ist. In der Literatur (LORIÉ 1897 und FREE 1911) finden wir alte Quarzsande erwähnt, welche zu mehr als 99 % aus reinem Quarz bestehen. Der hohe Quarzgehalt der niederländischen Dünen überhaupt ist wohl der Beimischung von jungtertiären Sanden aus der Braunkohlenzeit zuzuschreiben (LORIÉ 1897).

SCHROEDER VAN DER KOLK hat in sehr vielen Arbeiten sich die Mühe gegeben, den Gehalt an schweren Mineralien, d. h. mit größerem, spezifischem Gewicht als dasjenige des Kalkspates (2,71) zu bestimmen. Er erwähnt (1895) folgende Zahlen:

Strand bei Scheveningen	26,4 %
Düne am Strand, Westabhang	2,3 ,,
Laan v. Meerdervoort bei Haag[1]	1,3 ,,
Sassenheim (Teylinger Laan)[1]	1,0 ,,
Noordwykerhoutergeest[1]	0,75 ,,
Noordwyk[1]	0,55 ,,
,, tiefliegender Boden	0,45 ,,
,, Stranddüne	0,95 ,,

Der hohe Gehalt am Strande ist wohl sicher nach schwerem Unwetter beobachtet worden, was auch für den Westabhang der anstehenden Düne gilt. Die anderen Ziffern schwanken zwischen 0,5 und 1,3 % und es gibt nur einen geringen Unterschied zwischen der alten und der neuen Dünenlandschaft. Die schwereren Mineralien sind somit die härtesten und widerstandsfähigsten. Die Menge der leicht verwitternden Mineralien ist jedoch eine so kleine, daß selbst das Verschwinden dieser letzteren durch Verwitterung oder Ausspülung keinen nennenswerten Einfluß auf den Gehalt an schweren ausüben würde.

Daß, wie LORIÉ (1897) sagt, ein hoher Gehalt an schweren Mineralien zusammengeht mit einem niedrigen Gehalt an Muschelschalentrümmern, stimmt nicht immer. Wir wissen ja, daß die alten Dünen in den oberflächlichen Schichten gar keine Muschelschalenreste aufweisen und aus den oben genannten Zahlen ersehen wir, daß ihr Mineralgehalt ein wechselnder ist.

KEILHACK's (1896) Untersuchungen haben gezeigt, daß bei zunehmender Feinheit des Sandes auch Feldspate und Kalkspate abnehmen. Je gröber der Sand war, desto reicher fand er ihn, da es dann noch immer den zu verwitternden Kies gab, welcher stets neue Feldspate liefert. Er bestimmte den Silikatgehalt auf chemischem Wege.

Die Schnelligkeit und die Art der Verwitterung stehen in direktem Zusammenhang mit der Feinheit des Materials. Je feiner der Sand ist, desto feiner sind auch die Körnchen der leicht verwitterbaren Mineralien, die er enthält, welche Feinheit jedoch bei der mechanischen Verwitterung bald eine Grenze erreicht. Darauf tritt dann die chemische Verwitterung in den Vorder-

[1]) Diese Muster sind den alten Dünen entnommen.

grund, und die Feinheit der Körner bietet ihr eine große Gesamtoberfläche zum Angriff und wir können uns so vorstellen, wie atmosphärische Niederschläge und Vegetation bei günstiger Temperatur die wenigen Nährsalze bald gelöst haben.

§ 3. Fruchtbarkeit.

Für die Pflanzenwelt sind die Feldspate, das Eisen und der Kalk von Wichtigkeit. Schon aus dem hohen Quarzgehalt geht hervor, daß der Boden arm an Nahrungssalzen ist, sie müssen sich auf die übrigen 5—10 % beschränken, welche nicht vom Quarz eingenommen werden und bilden meistens nur einen kleinen Prozentsatz dieses Restes. Der Kalkgehalt der neuen Dünen ist genügend (3—5 %), der der alten Dünen dagegen zu klein. Dieser Kalk ist von organischer Herkunft.

Schroeder van der Kolk (1895) hat die eventuelle Fruchtbarkeit in Zusammenhang gebracht mit der oben erwähnten Selektion der Meeresströmungen, welche die fruchtbarmachenden leichten Mineralien ausspülen und anhäufen sollen, eine Meinung, welche schon deshalb nicht richtig ist, weil jeder Sturm diese Auslese vernichten muß. Dann hat er Untersuchungen ausgeführt, um die Frage zu lösen, ob vielleicht ein kleiner Gehalt an schweren Mineralien zusammengehe mit einem hohen, an leichteren und so einen fruchtbaren Boden anweisen könne. Er fand folgenden Gehalt an schweren Mineralien:

Fruchtbare Sande . .	0,5	0,05	0,4	0,6	0,9 %.
Tote Sande	0,2	0,3	0,4	0,65	0,8 %.

Hieraus geht hervor, daß die von ihm gefundenen minima für fruchtbare Sande weit geringer sind, während die höheren Zahlen für beide Sande wohl übereinstimmen. Diese Gehaltsbestimmungen lassen daher einen sicheren Schluß nicht zu.

Es gibt viele Ursachen für die Unfruchtbarkeit. Wenn auf einer geringen Distanz voneinander zwei so ganz verschiedene Böden auftreten, so ist meistens wohl der unfruchtbare die übergewehte, vorher durch das Wasser und die Vegetation ausgelaugte, obere Schicht der anliegenden Dünen, deren tiefere, reichere Schicht entblößt wurde, wie ich dieses in dem geologischen Abschnitt dargetan habe. Der Unterschied macht sich dem Auge kenntlich in der Farbe und der Feinheit des Sandes.

Warming (1909) zitiert Tuxen: „Wenn man mit dem Dünensand einen Boden vergleichen will, welcher ebenso arm ist an Nahrungssalzen, so wähle man dazu den Bleichsand. Nur in dem Kalkgehalt überwiegt der Dünensand.“ Und eine solche Armut nimmt uns gar kein Wunder, wenn wir uns erinnern, daß Sand der Rest ist, welcher aus der Zerreibung und chemischen Verwitterung der Gesteine zurückbleibt.

Herr W. v. d. Sleen hatte die Liebenswürdigkeit, einige Muster chemisch für mich zu untersuchen, welche ich dem alten Dünenkomplex von Noordwykerhout entnommen hatte.

	$CaCo_3$	$MgCO_3$	$Fe_2O + Al_2O_3$	P_2O_5	K_2O	SiO_2 Gehalt	Glüh-Verlust
A. EisenreicherOrtstein direkt unter dem Bleichsand und auf der „Darieschicht“ angesammelt bei Bartebrug .	0,44	0,14	2,62	0,16	0,05	90,83	5,83
B. Harter Sand, direkt unter der Heidenarbe 30 cm tief (ungefärbter Ortstein) bei Ruigenhoek	0 48	—	0.48	0,05	0 05	98,13	0,84
C. Bleichsand aus der Grube „Twistduin“ bei Noordwykerhout	0,24	0,13	0,78	0,07	0,05	98 4	0,39
D. Kalkreicher, unterer Sand aus der Grube „Twistduin“ bei Noordwykerhout . .	2,88	0,11	0,82	0 16	0 05	95,8	0.35

Aus obenstehenden Analysen ist zu ersehen, daß der Ortstein aus Muster A Eisen- und Phosphorsäure angehäuft hat und einen größeren Glühverlust aufweist infolge der aufgespeicherten Humate. Sein Kalkgehalt ist ein kleiner und stimmt mit dem des Musters B überein. Der Kaligehalt aller Muster ist ein sehr geringer. Der Ortstein des Musters B hatte nicht die schwerdurchlässige Unterlage wie A und ist vielleicht auch nicht so alt, wie wohl aus seinem Kaligehalt, Eisengehalt und Glühverlust hervorgeht.

Der kalkarme Bleichsand aus Muster C ist etwas reicher an Fe_2 und P_2O_5, während sein Glühverlust nur sehr gering ist, was für Bleichsand stimmt.

Der hierunter liegende ,,Grauwe Klinkzand“ zeichnet sich durch seinen Kalkgehalt aus und bietet normale Verhältnisse für Kali, Phosphor und Eisen. Er ist ein typisches Beispiel vom grauen Klinksand, wie er für die Bodenverbesserung benutzt wird. Wie ersichtlich, kommen Kali und Phosphorsäure, die vornehmsten anorganischen Nahrungsstoffe nur in sehr kleinen Prozentsätzen vor. Dieser Gehalt stimmt mit jenem der Heideflugsande Norddeutschlands und der Dünen von Dänemark überein (WARMING 1909). In DUBOIS' Arbeit über die Prise d'eau von Haarlem (1909) gibt er von 26 Sandmustern den Gehalt an P_2O_5 und K_2O, und erwähnt dazu, welche Bewachsung der untersuchte Boden trug. Das Resultat war, daß eine Bewachsung mit Birken, Ligustrum und anderm Laubholz einen bedeutend höheren Gehalt an P_2O_5 und K_2O aufweist. Die Angaben von MASSART (1908) weisen auch auf eine Armut an diesen Stoffen hin. Der Boden kann dann nur bei reichlicher Düngung bebaut werden. Im allgemeinen liefert die feinkörnige staubreiche Schicht der alten Dünen, wenn sie nur mit Stalldünger gedüngt wird, keinen loh-

nenden Ertrag. Auch wachsen Bäume hier sehr langsam, zum Teil weil das Grundwasser tief liegt und eine wechselnde Höhe hat.

Auch die lockere Bewachsung der Dünen gilt als ein Kennzeichen ihrer Unfruchtbarkeit, welche letztere sich jedoch am stärksten äußert in den Kanälen der Wasserleitungen, welche fast ohne Pflanzen sind. Nur sehr wenige Wasserpflanzen kommen in ihnen vor und viele sind schwach entwickelt und blühen deshalb nur selten. Sobald sich aber eine Moderschicht auf dem Boden bildet, nimmt ihre Anzahl zu. So fand ich z. B. in einem Weiher, 10 Jahre nachdem er ausgegraben wurde, sehr viele Pflanzenarten. MASSART (1909) war der erste, welcher auf diese Armut der Wasserflora hinwies. Die Analysen des belgischen Dünenwassers stimmen mit denen des holländischen überein.

§ 4. Korngröße.

STARING (1856) gibt an: „Der Meeressand rührt vom norddeutschen Diluvium her, das teilweise mit anderen diluvialen Bodenarten gemischt, in Texel, Wieringen, het Gooi, Utrecht und Bergen op Zoom seine meist westlichen über das Meer hinausragenden Punkte erreicht, um erst bei Norfolk, Suffolk und Essex in England sich wieder über das Meer zu erheben. Die Nordsee ist eine Senkung des Diluviums.“

Aus den Untersuchungen von RETGERS (1891, 1895), SCHROEDER VAN DER KOLK und LORIÉ (1897) wissen wir, daß der Meeressand größtenteils denselben Ursprung hat wie die diluvialen Sande unserer Heiden. Er ist eine Glazialablagerung, später durch Anfuhr mittelst Flüsse und Abrasion der Kliffe vermehrt. Deshalb wird er von WINKLER (1878) als „diluvium remanié“ angedeutet.

Durch das Meereswasser wird er nach der Schwere sortiert, indem der feinere Staub in der Schwebe gehalten wird. Dieser findet an unserer flachen Küste mit seiner Brandung nur wenig Gelegenheit, sich abzusetzen, was das Fehlen von Lehm und Ton im Dünensand völlig erklärt. In den Untiefen des Strandes fand ich bei Ebbe öfter ganz dünne, nur wenige Millimeter dicke Schichtchen von Schlamm; es sind aber immer verschwindend kleine Mengen.

Es findet also eine erste Trennung durch die Meeresströmungen statt. Sind die Witterungsverhältnisse günstig, so trocknet der an den Strand geworfene Sand bald, wird ein Spielzeug des Windes und von diesem nach der Korngröße sortiert. Aus dieser zweifachen Trennung resultiert sich ein sehr gleichkörniges Material, wie es die umstehende Tabelle verdeutlicht. Sie enthält die mechanischen Analysen von 22 Sandmustern, welche ich verschiedenen Dünenkomplexen aus verschiedenen Tiefen entnommen habe.

Bei keinem fand ich Körner größer als 1 mm; eine Ausnahme bildet nur der grobe Heidesand, welcher 1,7 % Körner dieser Größe enthält. Alle weiteren in dieser Spalte angegebenen Werte sind Muschelschalentrümmer, Würzelchen und andere organische

Nr.	Herkunft der Muster	Korngröße in mm auf 1000 Teile					
		Tiefe in m	> 1	1—1/2	1/2—1/3	1/3—1/4	< 1/4
1.	Weißer $CaCO_3$ freier Sand aus einer Windmulde bei Schoorl in der Nähe des Strandes	2,00	—	32,76	784,8	169,8	12,45
2.	Kalkfreier, granatreicher Sand der ersten Dünenkette am Meere bei Bergen	Oberfl.	—	17,22	505,9	311,4	164,5
3.	Granatsand aus einer Granatbank bei Bergen	—	*0,182	11,23	388,9	457,3	142,6
4.	Brauner oberer Sand aus der Grube „Hanenburg" bei Haag	0—2,00	—	5,03	283,08	575,6	135,7
5.	Weißer unterer Sand aus der Grube „Hanenburg" bei Haag	2—3	—	31,9	559,6	349,7	57,6
6.	Brauner Sand von der Wurzelschicht der Heide bei Noordwykerhout . .	0,10—0,25	*3,65	140,9	620,81	183,9	50,76
7.	Brauner Sand von der Wurzelschicht der Heide bei Noordwykerhout . .	0,3—0,4	*0,44	56,52	646,1	239,6	57,5
8.	„Geestgrond" südlich von Noordwykerhout	0,25—0,4	*0,73	95,26	580,1	242,1	81,9
9.	Weißer Sand aus der Grube „Zilk"	2,00	—	116,2	686,00	170,2	27,7
10.	Brauner Sand von NW-Groevenbeek bei Putten in Gelderland auf Kies .	2,00	**17,5**	113,5	779,00	69,4	20,7
11.	Sand der Proembryonaldünen bei Ymuiden	—	—	**0,28**	118,38	774,3	104,7
12.	Sand der Düne am Meeresstrande bei Zandvoort	0,10	*6,00	205,00	284,7	389,3	116,5
13.	Sand der Düne am Meeresstrande bei Zandvoort	0,50	*0,37	48,15	201,2	567,3	178,7
14.	Sand des SE-Abhanges der großen grauen Düne auf „de Ebbinge" unter Renntiermoos	0,10	*2,314	58,56	509,08	326,27	100,2
15.	Sand des SE-Abhanges der großen grauen Düne auf „de Ebbinge" unter Renntiermoos	0,50	—	23,6	474,6	417,3	84,16
16.	Sand vom NW-Abhange der großen grauen Düne auf „de Ebbinge" unter Birken, Buchen und Eichen .	0,10	*3,456	118,37	486,5	329,2	66,9
17.	Sand vom NW-Abhange der großen grauen Düne auf „de Ebbinge" unter Birken, Buchen und Eichen .	0,50	*2,59	198,2	484,1	269,5	44,8
18.	Sand der Durchgrabung bei Overveen	0,10	*1,22	36,7	350,7	498,0	120,5
19.	Sand der Durchgrabung bei Overveen	0,30	*1,22	38,85	414,3	444,9	98,3
20.	Sand der Durchgrabung bei Overveen	0,50	—	26,72	502,00	410,3	60,82
21.	Sand der Durchgrabung bei Overveen	1,00	—	84,6	455,00	378,0	81,8
22.	Sand der Durchgrabung bei Overveen	1,50	—	77,8	485,7	357,4	79,9

Reste. Der größte Teil der Körner aller Muster sammelt sich auf dem zweiten und dritten Sieb und schwankt somit zwischen $^1/_2$ und $^1/_4$ mm Durchmesser. Wenn wir die Muster 4—10—11 und 12 außer Betracht lassen, können wir im allgemeinen sagen, daß die alten Dünen gröber sind als die neueren, was vielleicht auch mit ihrem Alter zusammenhängt. Die letzteren bestehen aus Material, das viel länger im Meere der Zerreibung ausgesetzt war.

Wichtig sind die Ziffern der Proben 4 und 5. Es lagen dort in einem frischen Profil zwei Schichten übereinander. Die obere braune war 2—4 mm dick und trug eine Heidevegetation, vermischt mit *Allium vineale, Filago minima, Ulex europaeus, Dianthus deltoides* und *Sarothamnus vulgaris.* Sie war scharf von der weißen unterliegenden Schicht abgetrennt und sah aus, wie vom Wind abgesetzt, weil sie alle Niederungen des weißen Sandes ausgefüllt hatte. Die obere Schicht ist als das jüngst übergewehte zu bezeichnen und meistens feiner, wie es auch die Analyse deutlich angibt.

Der Bleichsand von Probe von Nr. 9 ist für Dünensand sehr grob und nähert sich darin dem Heidesand der 10. Probe. Eine sehr bemerkenswerte Verteilung der Körner gibt Muster 12, von dem 20 % auf dem zweiten Siebe blieb, welche Zahl größer ist als für alle anderen Muster. Die oben erwähnten „Proembryonaldünen“ zeigten ihrer Bildung durch schwache Winde gemäß einen sehr feinen Sand, der zu 77,5 % aus Körnern von $^1/_3$—$^1/_4$ mm bestand. Die Muster 18—22 zeigen im großen und ganzen viel Übereinstimmung. Sie sind einer 20 m hohen Düne entnommen, welche teilwiese abgegraben worden war. Die beiden oberen Muster zeigten noch Wurzelreste auf dem ersten Siebe, die tieferen nicht mehr. Die Düne war nur spärlich mit *Corynephorus canescens, Koehleria cristata albescens,* einigen Kompositen und einigen Flechten bewachsen. Aus den Analyseziffern ist abzuleiten, daß der Gipfel der Düne aus feinerem Material besteht, und daß vielleicht nur dieses so hoch fortgeblasen wurde, während das gröbere Material nach und nach zurückblieb. Hieraus ist zu schließen, daß die Korngröße abnimmt, wenn eine Düne stark an Höhe zunimmt.

Die Muster 1—9 sind den alten Dünen entnommen und zeigen bei der mechanischen Analyse ohne Unterschied einen feinen Staub, den die jungen Dünensande nie aufweisen. Auch das Muster Nr. 10, einer bewaldeten Heide auf 2 m Tiefe entnommen, zeigte einen dergleichen Staub. Beim Glühen wird dieser erst schwarz und verbrennt dann großenteils; er besteht also aus organischen Verbindungen (Humusverbindungen). In dem Glührest ist ein unlöslicher Teil vorhanden, welcher als Quarzmehl und Al_2O_3 zu bezeichnen ist. Da RETGERS (1891) angibt, daß der Dünensand sich durch den Mangel an mehlartigem Pulver auszeichnet, hat er sich wohl hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich, mit dem Sande der jungen Dünen beschäftigt.

Obgleich SOLGER (1910) für seine Theorie, daß die Inlanddünen Norddeutschlands nicht als Stranddünen entstanden sind,

ihren Staubgehalt als Beweis anführt, ist es nach dem oben Gesagten ohne weiteres deutlich, daß dieser Staubreichtum kein Kriterium sein kann, weil doch unsere alten Stranddünen ihn gleichfalls aufweisen.

BOSSCHA (1879) schließt aus seinen Untersuchungen, daß der Heidesand viel größere Unterschiede in der Korngröße aufweist als die Dünensande. Die Heidesande sind denn auch von Wasserströmen verschiedener Stärke abgelagert worden und daneben findet in den Heiden noch fortwährend Verwitterung der Erratica statt. Wo auf der Heide der Wind Dünen aufweht, sortiert er und es bleibt der grobkörnige Kies an Ort und Stelle zurück. Dieser tritt, solange die Verwitterung ihn nicht angreift, als schützende Decke des unterliegenden Bodens auf, wie ich das wiederholt in den „Langen Dünen" von Soesterberg beobachtet habe.

§ 5. Farbe des Sandes.

Die Farbe des Sandes ist eine stark wechselnde. Das vorhandene Eisen wird vom Regenwasser gelöst und in der porösen, tief durchlüfteten Düne schnell oxydiert und so werden alle Sandkörner mit einem Häutchen von Eisenoxydhydrat überzogen, welches sie mehr oder weniger braun färbt. Diese hellbraune bis gelbe Farbe ist die der frischen Sande. Die alten, lange bewachsenen Dünensande sind in der oberen Schicht durch Beimischung von Humaten kaffeebraun, und diese Humate färben den Ortstein fuchsrot. Beim Glühen wird dieser Sand schwarz, später weiß, während der mit Eisen gefärbte Sand beim Glühen rot wird. Der Sand der Berger Dünen und der Dünen von Callantsoog ist blendend weiß, und dieses deutet auf ihr hohes Alter und auf eine starke Verwitterung hin. Der Bleichsand hat allerlei Farben, kann aber auch blendend weiß sein. Ich fand bei Vogelenzang eine 2 m dicke Schicht weißen Ortsteins, in der alle Körner durch ein sehr feines, weißes Pulver verkittet waren. Auch dieser Sand färbte sich beim Glühen schwarz, während der Geruch und der Glühverlust auf Humate hindeuteten.

In Birken- und Eichenbeständen ist die obere Schicht durch den Humus schwarzgrau gefärbt. Wie schon erwähnt, ist die untere Schicht der alten Dünen grau bis schwach bläulich gefärbt und diese Farbe ist vielleicht durch eine Art Zersetzung bedingt, welche auch die alten Muschelschalen blau färbt.

Wie bekannt, hat die Farbe des Bodens einen großen Einfluß auf dessen Wärmekapazität. Der weiße Sand wirft viele Strahlen zurück, während der gefärbte sie absorbiert.

§ 6. Kochsalzgehalt des Bodens.

Der Kochsalzgehalt der Dünen ist ein sehr geringer und läßt sich, weil dieses Salz so leicht löslich ist, am besten im Dünenwasser demonstrieren. Bei den meisten von dem Dünenwasser gemachten Analysen ist nur der Chlorgehalt angegeben, und dieser

steigt in dem oberen, sowie in dem tieferen, den neuen Dünen entnommenen Wasser bis 118 m—AP nicht höher als 38,3 Milligramm im Liter (DUBOIS 1909), also winzige Mengen. Nur in der Nähe von Torflinsen und Lehmbänken steigt dieser Chlorgehalt stark (s. Taf. XIV, Fig. 2). „Salzpflanzen" finden sich denn auch in den inneren Dünen nicht.

Der frisch angespülte Sand ist ziemlich reich an Kochsalz. Wenn nach der Flut der Sand schnell vom Wind und von der Sonne getrocknet wird, gilt dieses natürlich nur für die oberste dünne Schicht. Hier verdunstet das Wasser und bleibt das Salz, welches die Körner aneinander kittet, zurück. So bekommt die obere Schicht eine gewisse Konsistenz und kann als Kruste vom lockeren unterliegenden Sande abgehoben werden, wenn dieser sein Wasser durch Abfließen verloren hat. Geht man barfuß auf diesem Sande, so gibt er einen hohen Ton, welchen man bei feuchtem Wetter nicht hört. Fällt Regen auf ihn und wird er nachher wieder schnell getrocknet, so bleibt die Verkittung aus (s. weiter unten; GIRSCHNER 1859 und BRAUN 1911).

Natürlich kann dieser salzreiche Sand auch zu Dünen angehäuft werden, wenn das Wetter längere Zeit trocken bleibt und solche Dünen werden dann einen ziemlich hohen Gehalt aufweisen. Auf solchen salzhaltenden Vordünen und Embryonaldünen finden sich *Cakile maritima, Triticum junceum, Arenaria peploides, Salsola kali* und andere Halophyten vor.

Abschnitt III.

Klimatische Bedingungen.

§ 1. Das Klima.

Die Nähe des Atlantischen Ozeans beherrscht die klimatischen Faktoren der Küstenländer von Westeuropa. Dieser ganze Küstenstreifen kennzeichnet sich durch vorherrschende Südwest- und Westwinde, verhältnismäßig kühle Sommer, milde Winter, große Luftfeuchtigkeit und starke Bewölkung, während die Niederschläge über das ganze Jahr verteilt sind. Die herrschenden West- und Südwestwinde erniedrigen die Sommertemperatur, erhöhen dagegen die Wintertemperatur durch die starke Bewölkung, da eine solche im Sommer die Bestrahlung herabsetzt, aber im Winter die Ausstrahlung vermindert und die Lichtintensität während des ganzen Jahres stark beeinflußt.

Besonders einflußreich ist hier der Golfstrom, welcher jedoch größtenteils vor England umbiegt und an dessen Westküste sowie an derjenigen von Irland läuft, während nur ein kleiner Ast durch den englischen Kanal hindurch kommt und unserer Küste entlang strömt. Niederland genießt hierdurch diesen Einfluß nicht in dem Maße wie Frankreich und England. Wie groß der Einfluß des Golfstromes auf die Temperatur ist, wird erst recht ersichtlich, wenn wir die Ostküste von Amerika mit in

Vergleich ziehen[1]), an welcher die kalte Labradorströmung entlang geht. Dabei ist aber in Betracht zu ziehen, daß dort die Westwinde die herrschenden sind und daß dadurch der Einfluß des Kontinents sich stark geltend macht.

Europa	N. B.	Jahresmittel Temperatur	Temperaturmittel der kältesten Monate	Amerika	N. B.	Jahresmittel Temperatur	Temperaturmittel der kältesten Monate
San Fernando	36° 30′	+17 5°	+11 6°	Norfolk .	36° 48′	+15 1°	+4 6°
Bordeaux .	44° 48′	+12 8°	+5 5°	Halifax .	44° 42′	+6 3°	−5 2°
Brest . . .	44° 4′	+12 0°	+6 6°	St. Johns .	47° 36′	+4 5°	−5 3°

Unter dem Einfluß des Atlantischen Ozeans und des Golfstromes biegen die Januar-Isothermen an der europäischen Küste alle stark nordwärts. Für die niederländische Küstengegend ist die Januar-Isotherme von 2° C die wichtigste. Diese geht über das ganze Land von Maastricht durch Holland und Friesland, erreicht nicht die dänische, wohl aber die norwegische Küste, und zwar in der Inselgegend von Stavanger bei Drontheim. Die Januar-Isotherme von 0° C berührt die Niederlande nicht, läuft an der dänischen Westküste entlang bis Skagen, um weiter an der norwegischen Küste entlang mit der von 2° C parallel zu gehen (s. J. Hann 1892).

Die Juli-Isothermen haben meistens eine entgegengesetzte Krümmung. Die Isotherme von 16° C ist wohl die wichtigste für Niederland und die Westküste Dänemarks. In dem Lauf dieser Linie ist der Einfluß des Landes sehr gut zu sehen. Sie biegt an der Küste nordwärts, um dann unter dem Einfluß der Zuiderzee sich gegen Süden zu krümmen und unter der Einwirkung der Nordwest- und Westwinde Friesland und Groningen zu durchsetzen.

Helder zeigt im Sommer sehr niedrige Temperaturen, stets 1° C niedriger als Vlissingen. Dieses ist wohl seiner Lage zuzuschreiben, da es auf der Spitze von Holland ins Meer vorgeschoben liegt und so dem Einfluß von Nord- und Zuiderzee ausgesetzt ist. Dazu muß wohl auch in Betracht gezogen werden, daß eine kalte Strömung, welche von der englischen Küste herkommt, sich bei Petten der niederländischen Küste nähert. Auch durch diese wird die Temperatur etwas fallen müssen.

Ferner weisen alle meteorologischen Stationen in Niederland den Juli als den wärmsten Monat nach. Nur für Helder werden zwei Monate als die wärmsten angegeben, und zwar Juli und August mit einem Mittel von 17° C. Offenbar ist hier die warme Periode, welche sonst auf allen Stationen mit dem Monat Juli zusammenfällt, durch den Einfluß des sich nur langsam erwärmenden Meeres verschoben und so über die Monate Juli und

[1]) Ich entnehme dieses dem Rapport der Heidemaatschappy 1892.

August ausgedehnt worden. Die Zahlen für den ersteren werden dabei herabgesetzt, und diejenigen des letzteren Monats etwas erhöht.

Mit MASSART (1908) nehmen wir eine andere Verteilung der Jahreszeiten als die meteorologische an, welche besser mit den Wachstumsperioden der Pflanzen übereinstimmt. Diese Einteilung ist auch bei der Zusammenstellung der Tabelle auf S. 328 befolgt worden. Das botanische Jahr für unseren Küstensaum dauert somit vom 1. Dezember bis 30. November. Der Winter, diese lange Ruheperiode, fällt in die Monate Dezember, Januar, Februar und März; der Frühling, die kurze Periode des Erwachens, in den April und Mai; der Sommer ist die Periode der Entwickelung für die meisten Pflanzen und dauert 4 Monate: Juni, Juli, August und September, während der Herbst, in welchem die Lebenstätigkeit der Mehrzahl der Pflanzen allmählich abnimmt, nur die beiden Monate Oktober und November umfaßt.

In Tabelle II sind für den Vergleich der verschiedenen Teile des Landes zwei Stationen an der Küste (Helder und Vlissingen) und zwei im Osten (Maastricht und Winterswyk) gewählt worden.

Von großer Bedeutung für die Vegetationszeit, besonders der frostempfindlichen Pflanzen, sind die Daten der letzten und der ersten Nachtfröste. Nach den meteorologischen Angaben über die Jahre 1901—1910 stellen sich im Osten die letzten Nachtfröste des Frühlings stets später und die ersten des Herbstes stets früher als im Westen ein. Die Vegetationsperiode ohne Frost ist im Westen in vielen Fällen sogar um zwei Monate länger als im Osten. Im allgemeinen sind Juni, Juli und August die frostfreien Monate.

Im Jahre 1910 trat nach meinen Beobachtungen in den Dünen der „Ebbinge" bei Zandvoort die erste Frostnacht des Herbstes auf Rasen am 22. September, die letzte des Frühlings am 14. Mai auf, und diese Daten zeigen mit denen der meteorologischen Stationen eine gute Übereinstimmung. Diese Beobachtungen fanden jedoch auf einer $\pm$ 20 m + AP liegenden Düne statt. Im Monat August konstatierte ich einige Male auf der Grasdecke der Täler und Kessel Frost, meistens in der Form von Reif. Dies war aber nur nach heißen Tagen der Fall. Als dann abends bei unbewölktem Himmel eine starke Abkühlung durch die Ausstrahlung eintrat, fand fast stets Bildung von Tau statt, welcher sich bei dem weiteren Abkühlen in Reif umwandelte. Die Täler erreichen öfter sehr niedrige Temperaturen.

Die spätesten Daten für den letzten Frühlingsfrost wurden für Winterswyk am 24. Mai 1905 und am 30. Mai 1907 beobachtet. Die letzten Frosttage in Helder und Vlissingen fielen im Jahre 1908 auf den 25. bez. 26. April. Maastricht zeigt meistens frühere Daten als Winterswyk. Die Zahl der Tage großer Kälte ($< -5^0$ C) und der Tage großer Hitze ($>25^0$ C) ist im Osten des Landes erheblich höher als im Westen. Alle Temperaturangaben im Sommer sind für die westlichen Stationen niedriger als für die östlichen; alle diesbezüglichen Zahlen des Winters sind dagegen

Klimatologische Angaben über die

	Station	Maximal-Temperatur			Minimal-Temperatur					Tage großer Kälte		Tage großer Wärme	Frost	
		Jahresmittel	Mittel Sommer	Mittel April	Jahresmittel	Mittel Winter	Absol. Minim. Winter	Mittel Mai	Absol. Minim. Mai				Daten der letzten	Daten der ersten
1901	Vlissingen .	12,5	19,0	11,4	7,5	1,2	−9,3	8,9	6,0	10	0	7	29. 3.	5. 12.
	Helder	12,3	19,4	11,3	7,0	0,5	−10,0	8,5	5,8	18	0	3	6. 4.	5. 12.
	Maastricht .	14,4	23,5	14,9	6,1	−0,6	−14,6	8,5	3,6	10	8	48	30. 3.	3. 11.
	Winterswyk	14,3	23,2	15,2	4,3	−2,2	−18,0	5,8	0,4	32	13	50	26. 4.	3. 11.
1902	Vlissingen .	11,8	18,5	11,4	7,1	2,2	−6,8	7,3	2,7	3	0	5	27. 2.	17. 11.
	Helder	11,2	16,9	10,4	6,4	1,5	−8,0	6,9	4,0	4	0	5	24. 3	18. 11.
	Maastricht .	13,6	21,2	14,5	5,9	1,4	−8,6	6,4	1,3	7	0	24	11. 3.	16. 11.
	Winterswyk	13,6	21,6	14,7	4,1	−0,2	−11,6	4,6	−1,3	13	2	24	15. 5.	3. 10.
1903	Vlissingen .	12,5	18,5	8,7	7,9	2,6	−9,4	9,8	6,5	8	0	6	23. 1.	20. 12.
	Helder	11,4	18,0	7,8	7,3	1,9	−8,5	9,1	3,1	7	0	4	12. 3.	4. 12.
	Maastricht .	14,4	21,4	9,6	6,4	1,4	−11,1	8,8	3,8	16	2	20	20. 4.	20. 11.
	Winterswyk	14,1	21,4	9,8	5,2	0,2	−14,1	7,8	0,9	21	4	27	19. 4.	17. 11.
1904	Vlissingen .	12,2	19,5	12,2	7,4	1,5	−6,0	9,5	5,3	4	0	7	17. 3.	21. 12.
	Helder	11,5	17,7	11,4	7,0	1,2	−4,7	8,9	5,3	0	0	5	19. 3.	15. 11.
	Maastricht .	13,8	22,4	15,0	5,8	0,5	−10,2	9,1	2,1	11	2	37	26. 3.	11. 10.
	Winterswyk	13,5	22,5	14,6	4,1	−1,1	−9,7	7,3	0,4	21	0	40	26. 4.	20. 9.
1905	Vlissingen .	12,2	19,4	9,9	7,4	2,7	−7,9	8,9	5,3	5	0	3	5. 3	24. 10.
	Helder	11,8	18,9	8,7	7,2	2,5	−7,0	8,6	5,1	4	0	2	4. 4.	26. 10.
	Maastricht .	13,7	22,1	11,8	6,5	1,7	−10,6	7,8	1,4	7	2	32	9. 4.	25. 10.
	Winterswyk	13,0	21,5	11,3	5,0	0,2	−14,6	6,1	−2,0	17	2	28	24. 5.	20. 10.
1906	Vlissingen .	12,5	18,0	11,1	7,7	2,0	−3,2	8,8	4,0	0	0	11	28. 3.	8. 12.
	Helder	12,0	18,4	9,5	7,5	1,7	−3,7	9,0	4,0	0	0	7	24. 3.	8. 12.
	Maastricht .	14,4	21,8	13,9	6,7	0,9	−6,3	9,7	1,5	4	0	29	30. 3.	12. 11.
	Winterswyk	13,5	20,9	13,7	5,5	0,1	−7,2	8,7	2,0	9	0	21	25. 4.	25. 9.
1907	Vlissingen .	11,7	17,4	10,6	6,7	0,7	−11,1	8,5	3,8	7	2	0	8. 3.	26. 12.
	Helder	11,3	16,9	10,2	6,5	0,4	−11,9	8,7	4,1	13	5	2	11. 3.	22. 11.
	Maastricht .	13,4	20,3	13,1	5,6	−1,0	−13,3	8,5	1,0	22	4	19	27. 3.	22. 11.
	Winterswyk	12,5	19,2	12,7	4,4	−2,0	−16,3	6,9	−2,0	26	11	10	30. 5.	5. 11.
1908	Vlissingen .	11,7	18,0	9,1	6,8	1,2	−10,9	9,8	7,5	6	2	5	20. 4.	22. 9.
	Helder	11,3	17,8	7,8	6,5	0,9	−8,9	9,0	3,3	8	0	2	25. 4.	7. 11.
	Maastricht .	13,8	21,5	10,8	5,8	0,2	−12,5	10,7	7,5	17	7	28	2. 4.	20. 10.
	Winterswyk	12,0	17,9	10,4	4,7	−1,0	−14,0	9,2	4,5	18	3	18	28. 4.	20. 10.
1909	Vlissingen .	11,4	17,5	12,2	6,4	0,2	−10,5	7,8	0,9	9	1	5	3. 4.	19. 11.
	Helder	10,5	16,1	10,1	5,9	−0,5	−12,3	7,2	1,1	12	4	1	19. 3.	14. 11.
	Maastricht .	13,0	19,8	15,2	5,4	−1,0	−12,8	6,6	0,1	18	4	18	4. 4.	5. 11.
	Winterswyk	12,2	19,2	14,1	4,1	−2,0	−15,9	5,0	−0,3	30	7	7	15. 5.	5. 11.

Jahre 1901—1909 für Niederland.

Durchschnittl. Feuchtigkeit			Bewölkung um 2 h im Sommer	Regen					Windstärke von 7—12 nach dreimal täglich gemachten Aufnahmen. Anzahl und Richtung der am meisten vorkommenden Winde									
Jahr	Frühling	Sommer		Jahr	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
81	77	75	4,3	479,1	118,5	69,0	209,3	90,3										
82	79	78	5,0	587,6	117,1	82,6	193,8	134,0										
78	70	73	5,3	549,2	152,3	66,0	189,5	111,4										
79	67,5	69,5	5,6	717,8	215,6	94,5	239,5	168,2										
84	80,5	78	5,0	513,7	113,4	115,7	231,4	53,2										
52	83,5	77	5,3	649,8	207,1	124,9	229,6	66,5										
79	74	73,5	6,3	446,7	130,7	67,2	199,0	59,8										
79	71	72	6,1	751,7	255,6	126,0	294,6	75,8										
83	73,5	78	5,1	665,2	125,7	132,1	280,6	126,8										
83	78,5	79	5,8	904,6	172,8	166,6	355,6	209,6										
80	74	77	6,4	799,1	230,8	109,0	308,5	142,8										
80	74	76	6,7	101,5	253,3	181,4	403,7	203,1										
83	81,5	76	3,9	382,5	103,8	46,9	157,5	74,3										
82	78	75,5	5,0	555,6	180,3	65,9	182,4	124,3										
76	70	67	4,9	405,2	125,7	51,8	136,5	91,2										
80	74	67	4,3	507,2	214,9	74,0	101,1	117,2										
82	76	77	4,8	634,3	100,9	71,4	284,6	169,4	—	—	—	1	2	11	—	3	W	115
82	77	77	5,9	608,4	170,1	66,0	191,3	181,0	1	3	—	—	—	8	7	19	SW	165
76	75,5	70	5,7	833,6	247,4	113,1	309,5	163,6	—	—	—	—	—	2	1	2	S	135
81	70,0	75	6,1	807,6	211,4	85,7	341,2	169,3	—	—	—	—	—	4	4	2	SW	212
81	77	76	5,9	720,0	216,8	141,7	157,0	124,5	—	—	—	1	2	8	1	—	WSW	130
81	79	77	5,5	617,1	221,0	69,1	157,8	168,7	—	4	—	—	20	7	8	—	SW	196
76	68,5	71	5,7	727,1	265,1	125,0	210,2	126,8	—	—	—	—	1	2	1	—	WSW	145
82	73	77	5,7	745,1	229,6	117,6	254,2	143,7	—	—	—	—	1	—	1	—	SW	159
82	75,5	78	6,7	520,7	159,0	81,0	183,8	95,9	—	1	—	—	2	12	1	2	WSW	130
81	75	78	6,0	591,7	181,3	101,6	154,6	154,2	1	—	1	—	—	18	6	5	SW	163
74	63,5	69	6,6	629,8	222,8	85,9	196,9	124,2	—	—	—	—	2	—	1	1	WSW	165
80	68	76	6,7	603,4	212,3	55,4	216,7	119,0	—	—	—	—	—	1	—	1	SW	157
83	80,5	79	6,5	620,8	192,6	82,7	258,5	87,0	—	—	—	—	—	6	—	2	SW	126
83	81	78	5,8	528,1	217,7	43,6	212,0	54,8	1	5	—	—	—	16	3	8	SW	166
75	71	70	6,7	655,9	184,9	124,7	289,4	56,9	—	—	—	—	—	2	—	—	WSW	139
77	71	72	5,2	745,7	223,5	112,9	350,3	59,0	—	1	—	—	2	18	3	2	SW	185
81	69	80	7,1	751,4	151,6	110,2	348,7	140,9	—	2	—	—	1	2	1	—	WSW	97
82	73,5	81	6,9	617,6	146,3	73,8	254,5	143,0	5	2	3	—	1	17	6	5	SW	138
74	59	74	7,6	579,3	122,6	80,7	283,2	92,8	—	—	—	—	—	—	—	1	WSW	128
76	57,5	75	7,1	697,4	165,8	82,8	316,0	133,4	—	—	—	1	—	3	—	—	SW	148

im Westen höher als im Osten. Die absoluten Minima des ganzen Landes sind stets im östlichen Teile beobachtet worden, niemals an der Küste, einmal in Utrecht. Sie sind die folgenden:

Datum und Jahr	Station	Temperatur	Datum und Jahr	Station	Temperatur
3. 3. 1890	Tilburg	—11,2° C	10. 2. 1900	Maastricht	—11,2° C
11. 1. 1891	Maastricht	—15° „	15. 2. 1901	Winterswyk	—18° „
19. 2. 1892	Tilburg	—13° „	13. 2. 1902	de Bilt	—14,5° „
1. 1893	Oudenbosch	—17,2° „	1. 1903	Winterswyk	—14,1° „
5. 1. 1894	Winterswyk	—15,8° „	2. 1. 1904	Maastricht	—10,2° „
7. 2. 1895	Winterswyk	—22° „	2. 1. 1905	Winterswyk	—14.6° „
12. 1896	Zutfen	—8.8° „	12. 1906	Gemert	—14,9° „
5. 2. 1897	Groningen	—13,4° „	23. 1. 1907	Winterswyk	—16,3° „
12. 1898	Oudenbosch	—7,6° „	29. 12. 1908	Winterswyk	—15,9° „
12. 1899	Assen	—17° „	1. 1909	Sittard	—14,3° „

Sie fallen fast immer in die Monate Dezember, Januar und Februar. Nur das Jahr 1890 weicht ab. Wir sehen, daß seit 1890 das absolute Minimum für Niederland —22° C war. Am 23. Januar 1823 wurde in Utrecht — 22,8° C beobachtet.

Für die Vegetation ist dieses von großer Wichtigkeit. So starb im strengen Winter von 1890—1891 ein großer Teil eines Bestandes von *Pinus maritima* bei Noordwykerhout ab. Das absolute Minimum des Monates Mai lag, nach den Beobachtungen der meteorologischen Station, an der Küste niemals unter 0° C. Und doch wissen wir, wie oft in den Mainächten noch Reifbildung vorkommt. Ich konstatierte den letzten Reif des Frühlings am 14. Mai 1910 auf Gras an einer günstigen Stelle.

Die Durchschnittszahlen für den Regenfall betrugen in den letzten 18 Jahren für

Helder . . . . 715 mm
Vlissingen . . . . 650 „
Winterswyk . . . . 746 „
Maastricht . . . . 640 „
und für das ganze Land . . . . . . 699 „ .

Von diesen vier Stationen weist Winterswyk meistens die höchsten Zahlen auf; so für 1903 sogar 1041,5 mm.

Im allgemeinen ist an der Küste weniger Niederschlag zu beobachten (vgl. den Paragraph über den Regen).

Die mittlere Feuchtigkeit der Luft ist im Sommer und Frühling im Westen höher als im Osten. Ich fand fast immer hohe Zahlen, von 65—85, nur selten zeigte der Hygrometer weniger als 50 %; an Tagen mit Nordwestwind fielen die Zahlen mehrfach darunter ab und auch an heißen Tagen in trockener Zeit. An solchen habe ich im Jahre 1911 vielfach im Monat Juli und August 22½ bis 20 % gemessen.

Auch konnte ich wiederholt viel weniger Nebel in der Dünengegend konstatieren als im Zentrum des Landes (Veluwe) und auch weniger als auf den Polderwiesen und auf den Tiefmooren, wo er fast nach jedem warmen Tag auftritt und sich zuerst über den Gräben kenntlich macht.

Sehr bekannt ist ein Nebel, welcher abends nach warmen Tagen vom Meere herkommt und bei Haarlem „Zeevlam" genannt wird. Es wird behauptet, daß dieser Nebel salz- oder chlorhaltig sei: Wie dem ist, weiß ich nicht. Tatsache ist, daß zarte Blumenblätter, z. B. von *Iris*-Arten oder *Canna indica*, nach solchem Nebel weiße Ränder zeigen. Nur in Meeresnähe kann bei kräftigen Stürmen in den atmosphärischen Niederschlägen Salz konstatiert werden. Die Baumblätter und Fensterscheiben weisen dann kleine Mengen Kochsalz auf. Nach der Meinung von MASSART (1908) übt dieser Salzgehalt aber fast keinen Einfluß auf die Vegetation aus. In dem Grundwasser macht er sich später periodisch kenntlich.

Vergleichen wir jetzt das niederländische Küstengebiet mit dem Osten, so sehen wir:

1. Im Küstengebiet mehr Stürme als im Osten,
2. „ „ größere Luftfeuchtigkeit,
3. „ „ höhere Wintertemperaturen als im Osten,
4. „ „ niedrigere Sommertemperaturen als im Osten,
5. „ „ weniger Nebel als im Osten,
6. „ „ weniger Niederschlag als im Osten,
7. „ „ einen relativ längeren Sommer als im Osten.

Betrachten wir die ganze Küstenzone von Brest bis Skagen und daneben Memel, so gilt nach MASSART (1908) die Regel, daß der Zeitraum zwischen der letzten und ersten Frostnacht in Brest am größten ist, nach Skagen hin allmählich abnimmt und an der Ostsee am kleinsten ist. Die Temperaturverhältnisse im Winter sind fast die gleichen für die ganze Strecke; nur ungünstiger für Memel. Dieses ist aus untenstehender Tabelle[1]) klar zu ersehen.

N. B.	Station	Mittlere Temperatur der kälteren Monate	Mittlere Temperatur der wärmeren Monate	Differenz
51° 27'	Vlissingen	+3° C	+18° C	15° C
52° 58'	den Helder	+3° „	+17° „	14° „
54° 53'	Sylt	+1,2° „	+16,8° „	15,6° „
54° 19'	Kiel	+0,4° „	+17° „	16,6° „
53° 26'	Stettin	—1,5° „	+18,9° „	19,6° „
55° 43'	Memel	—3,5° „	+17,1° „	20,6° „

Wir sehen, daß die Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen des kältesten und des wärmsten Monates für

[1]) Rapport Ned: Heidemaatschappy 1892

Vlissingen, Helder und Sylt nicht wesentlich verschieden sind, dagegen von Sylt bis Memel stets größer werden.

Unter den oben beschriebenen Bedingungen ist es begreiflich, daß in der niederländischen Küstenzone ein Einwandern von Pflanzen vom Norden und Süden stattfindet, und daß der Wechsel der klimatischen Bedingungen auch einen Wechsel der Flora herbeigeführt haben kann, weil einmal die nördliche, ein anderes Mal die südliche Flora bessere Lebensbedingungen fanden.

§ 2. Der Wind.

Nichts ist wechselnder und schwankender als Windstärke und Windrichtung, und zwar sind beide von den lokalen Verhältnissen abhängig (P. Olsson Seffer 1908; Braun 1911).

Olsson Seffer (1908) findet, daß die Windstärke sich mit der Höhe und mit der Neigung des Terrains ändert. Es ist begreiflich, daß das feinere Material am höchsten und am weitesten fortgeführt wird. So läßt sich die Staubschicht der alten Dünen erklären, welche stellenweise eine beträchtliche Dicke erreicht und bisweilen selbst ganze Dünen aufbaut, wie bei Bartenbrug.

Auf den frisch abgegrabenen Feldern der alten Dünen, wo man also die kalkreiche Schicht entblößt hat, ist vielfach zu beobachten, daß der feine Muschelkalkstaub ausgeblasen wird und sich z. B. an den klebrigen Blättern von *Alnus glutinosa* festsetzt. Hier beeinträchtigt also der Wind den Kalkgehalt und kann sich bei der Verteilung von fruchtbaren und unfruchtbaren Böden geltend machen.

Die Kraft des Windes äußert sich am meisten am Strande, dann auf den Gipfeln der Dünen, weniger in den Tälern und fast nicht an der Leeseite der Hügelreihen. Am Boden ist sie immer am schwächsten, da jede Pflanze und jede Unebenheit ein Hemmnis bilden. Im Mitführen der einzelnen Teile ist der Wind beschränkt. Diese dürfen eine bestimmte Größe nicht überschreiten. Sokolow (zitiert in Keysers Lehrbuch der Geologie) gibt folgende Zahlen für das Verhältnis zwischen Windstärke und Korngröße:

Windstärke in m pro Sek.	Korngröße in mm
4,5—6,7	0,25
6,7—8,4	0,50
9,8—11,4	1,00
11,4—13	1,50

Die Dünen sind äolische Bildungen und das sie aufbauende Material ist damit in Übereinstimmung, das heißt feinkörnig und trocken. Die letztere Eigenschaft ist natürlich von den atmosphärischen Bedingungen abhängig. Es ist allbekannt, wie die herrschenden Winde der Form der Dünen, dem ganzen Bilde der Landschaft und der Flora ihren Stempel aufdrücken. Daher ist es leicht verständlich, daß die herrschenden Winde und Stürme von großer Wichtigkeit sind.

Wie aus der Tabelle auf S. 328 zu sehen ist, kommen die meisten Stürme aus dem Südwesten, Westen oder Nordwesten. Es hängt

weiter mit der Richtung der Küste zusammen, von welcher Seite die kräftigsten Stürme kommen (MASSART 1908). In Vlissingen z. B. wird der Südweststurm seine volle Kraft ausüben können ohne gehemmt zu werden. Der Weststurm hat dort aber schon weniger Kraft, weil er eine Strecke weit über das Land herkommt und der Nordwestwind weht an dem Dünenkomplex der Südwestküste entlang. Helder dagegen liegt für fast alle Winde offen, jedoch am meisten für Südwest-, West-, Nordwest- und auch Nordoststürme.

Dieses Verhältnis äußert sich in den Zahlen der meteorologischen Berichte (Tabelle):

	Vlissingen								Helder							
	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S
1905	11	—	3	—	—	—	—	—	8	7	19	—	—	—	—	—
1906	8	1	—	—	—	—	—	—	20	7	8	—	4	—	—	—
1907	12	1	2	—	1	—	—	2	18	6	5	1	—	1	—	—
1908	6	—	2	—	—	—	—	—	16	3	8	1	5	—	—	—
1909	2	1	—	—	2	—	—	1	17	6	5	5	2	—	—	1
	39	3	7	—	3	—	—	3	79	29	45	7	11	1	—	1
	Total = 55.								Total = 173.							

Stürme stärker als n: 7—12 der Skala von BEAUFORT = 13,8—34,2 m pro Sek.[1])

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Lage der Beobachtungsstelle einen großen Einfluß auf die Wahrnehmungen ausübt. An beiden Lokalitäten herrschen die Südwestwinde vor, aber die Anzahl desselben ist bei Vlissingen viel kleiner. In Helder sind fast keine Stürme aus dem Südostquadrant beobachtet worden, weil solche Winde über das Land herkommen und dadurch ihre Kraft verlieren. Der Südwest- bis Nordwestquadrant ist bevorzugt und die Nordweststürme kommen als zweite im Range. Im Norden liegt die Insel Texel vorgelagert; die Anzahl der Winde aus dieser Richtung ist schon klein. Nach dem Nordosten hin liegt das Wattenmeer, über welches der Wind wieder herkommen kann ohne seine Kraft einzubüßen. Der Sturm vom 22. bis 23. Dezember 1894 (LORIÉ 1897) hatte in Helder eine Schnelligkeit von 30,75 m pro Sekunde — bei Hoek van Holland aber von 34 m pro Sekunde, und das Wasser wurde bei Scheveningen 3,53 m + AP aufgetürmt. Danach wurde die ganze Küste angegriffen. Die geringste Abnahme war 11 bei Huisduinen und die größte bei Petten und Callantsoog 13 m. Bei Groote Keeten wurden die Dünen durchbrochen. Die Richtung dieses Sturmes war von Südwesten über Westen nach Nordwesten. Wegen der Dünen kann sich der Nordwind bei Vlissingen weniger geltend machen und demgemäß wehen hier aus dem Osten und Südosten

[1]) Im Anschluß an MASSART gebe ich hier nur die Winde, welche eine größere Schnelligkeit als 14 m pro Sek. aufweisen, weil erst diese eine Gefahr für die Vegetation bilden.

fast nie kräftige Winde, während die häufiger vorkommenden Nordost- und Südwinde über das tiefe, flache Polderland herkommen.

Der Tabelle auf S. 328 habe ich weiter noch die Zahl derjenigen Winde hinzugefügt, welche nach dreimal täglichen Beobachtungen am meisten vorkommen. Wie ersichtlich, sind diese fast alle südwestlicher oder südsüdwestlicher Richtung.

Wir sehen also, daß die herrschenden Winde die südwestlichen sind, und daß auch unter den Stürmen ihre Zahl an der Küste überwiegt, wie aus derselben Tabelle hervorgeht, während die Zahl der Stürme nach Osten hin abnimmt.

Unsere Küste zeigt eine konkav gebogene Linie von Belgien bis Helder. Der nördliche Teil läuft fast südnördlich, der südliche Teil südwest-nordöstlich. Es ist selbstredend, daß der Einfluß der Winde auf diese beiden Teile verschieden sein muß. Die Südweststürme wehen der südlichen Küste entlang, werden aber die nördliche Strecke noch unter 45° angreifen können. Ebenso der Nordwestwind, der jedoch senkrecht zum unteren Teil weht. Die Westwinde treffen den nördlichen Teil senkrecht, den südlichen etwa unter 45°. Stürme aus dem Norden sind so selten, daß sie außer Betracht bleiben können. Hieraus sehen wir, daß der nördliche Teil unserer Küste von jeder der drei Gruppen von Stürmen angegriffen werden kann, daß aber im südlichen Teil, von Hoek van Holland bis Wyk aan Zee, der am häufigsten vorkommende Wind der Küste entlang geht. Unter diesen Bedingungen ist es deutlich, warum der nördliche Teil von der Küste mehr angegriffen wird als der südliche.

Zu der Abnahme durch Vertiefung des Meerbodens und durch die allmähliche Senkung der Küste kommt also noch der Wind als vernichtender Faktor hinzu. Die großen Verluste an unserer Küste beruhen natürlich auf den zwei ersteren Faktoren und werden erst nach langen Zeiträumen kenntlich. So lag im Jahre 1500 noch westlich von Huisduinen ein großes Vorland. Bei Petten sind seit der Mitte des XII. Jahrhunderts die Dünen 500 m zurückgedrängt worden. Die Arx Brittaniae lag im Jahre 1694 1,2 km weit von der jetzigen Meeresküste. Im XIV. Jahrhundert ist bei Ter Heide noch ein 900 m breiter Dünenstreifen vernichtet worden (Staring 1856, Lorié 1897).

Die kleineren, sofort bemerkbaren Verluste dagegen finden fast nur bei Springfluten und bei kräftigen Stürmen statt. Dabei wird durch die vordringenden Wellen die äußerste Dünenreihe angegriffen und der Sand auf den Strand ausgebreitet. Dieser wird dadurch höher und uneben. Für einige Zeit werden Ebbe und Flutlinie etwas zurückgedrängt, aber bald wird das Material von den gewöhnlichen Gezeiten teils mitgenommen, teils gleichmäßig ausgedehnt und die nächste Sturmflut findet den Weg wieder geebnet.

Wo eine so lebhafte Erosion stattfindet, treten hier und da die Torfschichten ehemaliger Dünentäler auf dem Strande zutage. Im günstigsten Falle haben diese früher hinter dem ersten Dünen-

rücken gelegen. Solche alten Torfe fand ich südlich von Katwyk und in großer Ausdehnung zwischen Bergen aan Zee und Groet. Die Schicht bedeckt an letztgenannter Stelle den ganzen Strand und breitet sich sogar eine Strecke ins Meer aus. Hier wird sie aber abgenagt und große Fetzen werden abgerissen und an anderen Stellen wieder ans Land geworfen. In dem von Meereswasser getränkten Teil leben Bohrmuscheln und auf seiner Oberfläche haben sich hauptsächlich *Enteromorpha* und *Porphyra* angesiedelt.

Früher war hier ein Tümpel mit allerhand Gewächsen, wie *Plantago maritima, Trichlogin maritima* u. dgl., aber durch die starke Erosion ist dieser seitdem verschwunden. VUYCK (1898) meldet vom Strande von Terschelling „Süßwassertümpel", deren Wasser noch süß ist, nachdem das Meer sie erreicht und wieder verlassen hat. Es gibt dort einen grünen Strand; das Wasser scheint aus den hohen Dünen heranzufließen und mit einer gewissen Kraft nach der Oberfläche getrieben zu werden. Solche Tümpel sind wohl auf eine undurchlässige Unterlage zurückzuführen, wie ich das oben für Bergen angegeben habe.

Der Wind ist immer tätig und seine Wirkung ist nicht in dem Grade abhängig von der Schwerkraft wie diejenige des Wassers, welches die Gegenstände meistens nur von einer höheren nach einer tieferen Lage befördern kann. Wasser und Wind stellen zwei einander hemmende Kräfte dar. Wo auf dem Lande das Wasser unbeschränkt tätig sein kann, tritt die Winderosion in den Hintergrund. Atmosphärische Trockenheit und Sonnenbeleuchtung fördern die Tätigkeit des Windes und setzen diejenige des Wassers herab. In dieser Weise wird mit der Lage des Grundwassers das Niveau der Sande sich ändern.

Man könnte die beschriebene Strecke bei Bergen einen fossilen Strand nennen. Die unteren Teile von Birkenstämmchen stehen noch aufrecht. Es ist eins der Längstäler der alten gesunkenen Landschaft, welche sich erst mit einer dicken Torfschicht ausfüllte, dann überschüttet wurde und jetzt vom Meere wieder entblößt wird. Schon jahrelang liegt hier die Torfschicht auf dem Strande und schützt denselben vor weiterer Erosion. Dabei beobachtet man, daß das von den Dünen aufgespeicherte Wasser in Überfluß über der schwierig durchlässigen Schicht nach dem Meere abfließt. Hieraus muß wohl geschlossen werden, daß sie sich noch weit unter den Dünen erstreckt. Der auf der Torfbank vom Meere und vom Winde abgelagerte Sand wird vom abfließenden Wasser auch bei der Ebbe sehr feucht gehalten. Es bilden sich Abflußrinnen und kleine Tümpel mit Brackwasser. Der Wind kann den so durchfeuchteten Sand nicht aufwehen und schon dadurch ist eine etwaige Neubildung an diesen Stellen unmöglich.

Daß dennoch am Tage bisweilen wohl ein Sandflug möglich war, haben wir bei Bergen gesehen, als beim Frühstück der Sand uns bei kräftigem Nordostwind um die Ohren flog. Es zeigte sich hier ein Einfluß des Grundwassers auf die erodierende Tätigkeit des Windes. Daß der Wind in gewöhnlichen Fällen nicht imstande ist, feuchten Sand zu transportieren und daher in der

Nähe des Grundwasserspiegels seine erodierende Kraft allmählich einbüßt, finden wir schon bei STARING (1861) erwähnt, wo er sagt: „Der Sand wird niemals tiefer ausgeblasen als bis auf das Grundwasserniveau; diese Wirkung hört auf, sobald das Regenwasser stehen bleibt und es bilden sich Tümpel, die im Winter Wasser enthalten."

Im „Rapport der Nederlandsche Heidemaatschappy 1892" ist zu lesen: „Die durch den Grundwasserstand hervorgerufene Feuchtigkeit ist ein nicht zu unterschätzender Faktor, der vor allem die Gestalt der Binnendünenlandschaft beherrscht." VUYCK (1898) sagt: „Solange in den Dünen noch Windmulden vorkommen, wird der Wind den Flugsand angreifen können und werden bei kräftigen Winden Dünenkessel gebildet werden, weil der Sand bis auf das mit Wasser gesättigte Niveau ausgeblasen wird." LEHMANN (1906) nimmt an: „daß der Flugsand hier schon bis auf das Grundwasserniveau abgeblasen und daher der Sandflug zur Ruhe gekommen ist". DUBOIS (1910, 1911) beweist klar, daß diese Eigenschaft des Dünensandes die Ursache für die Entstehung der wagrechten Lage der Dünentäler ist.

Aus diesen Untersuchungen sehen wir, daß die Form der Dünenlandschaft nicht nur dem Winde, wie meistens angenommen wird, sondern auch dem Grundwasser zuzuschreiben ist.

Auch eine Schneedecke genügt im Winter oft, um der Verwehung des Sandes vorzubeugen. Gibt es jedoch trockenes Wetter und Frost, so kann der Schnee selbst weggeblasen werden, und mit ihm der Sand. Auch kann der gefrorene Boden hemmend auf die Verwehung einwirken. Anfänglich geht diese nicht weiter als bis an die trockene Oberfläche, aber bei anhaltender Kälte wird auch diese beweglich, wenn auch selbstverständlich nur, wenn der Wind aus dem Osten oder Nordosten weht. So fand ich mehrmals kleine Windmulden, welche nach Nordosten und Südwesten eine kleine Düne gebildet hatten.

Die neue Düne verweht schnell, ihr Sand ist trocken und locker. Die mit Humaten verkitteten Sande der alten Dünen dagegen verwehen nicht so leicht; erstens der Verkittung wegen, dann aber auch, weil sie feucht sind. Die Ortsteinbänke treten dann durch ihre größere Resistenz aus den Abrasionsprofilen hervor. In dieser Weise wirkt die Beschaffenheit des Bodens auf die fortschreitende Erosion ein.

§ 3. Der Einfluß des Windes auf die Luftfeuchtigkeit.

Die Feuchtigkeit der Atmosphäre hängt mit der Windrichtung zusammen. Bei Nordwestwinden kommt wenig Taubildung vor, weil sie meistens als austrocknende Winde fungieren, denn sie kommen vom kalten nordatlantischen Ozean und haben einen mit ihrer Temperatur übereinstimmenden niedrigen Wassergehalt. Werden sie nun z. B. im Sommer vom Lande erwärmt, so können sie der steigenden Temperatur entsprechend Wasser aufnehmen und entziehen ihrer Umgebung diejenige Menge Wasser,

welche erforderlich ist, um die Sättigungsdifferenz auszugleichen. Selbst bei bedecktem Himmel zeigt die Pflanzenwelt bei solchen Winden dasselbe Bild wie in der vollen Sonne. Alles sieht grau aus, die Gräserblätter sind eingerollt, die Moose „schließen" sich, die Lichenen rollen sich auf und tragen ihre oft weiße Unterseite zur Schau.

Im Frühling wehen Nordweststürme vielfach in der Zeit, wenn die jungen Triebe und Blätter sich bilden. Indem der Wind die Transpiration stark steigert, können sie dann vertrocknen, wie KIHLMANN (1890) und WARMING (1902) dieses beschrieben haben. Hierbei kommt auch die mechanische Schädigung in Betracht, welche sie erleiden, wenn sie miteinander zusammenstoßen (NOLL 1907, GERHARDT 1900). Wie wir oben gesehen haben, sind die Südweststürme sehr viel zahlreicher, aber sie sind feucht und wirken auf die Pflanzenwelt mehr durch ihre mechanische Gewalt als durch ihre austrocknende Kraft ein. Sie kommen namentlich im Sommer und im Winter vor und während solcher Stürme regnet es meistens ausgiebig.

Wie verschieden sich Laub- und Nadelholz unter diesen Einflüssen benehmen, hat MASSART (1908) deutlich hervorgehoben und ich kann seine Resultate für das von mir studierte Gebiet nur bestätigen. Das dem Winde ausgesetzte Laubholz ist nach dem Südosten, alles Nadelholz nach dem Nordosten gebogen.

§ 4. Der Einfluß des Windes auf die Pflanzenwelt.

Wie groß die erodierende Kraft des mit Sand beladenen Windes ist, erkennt man wohl am besten an alten Holzbrettern am Strande oder an Zaunpfählen. Hier werden die weicheren Holzteile ausgefressen, die härteren springen dann hervor und werden glatt poliert. Somit kann es auch nicht wunder nehmen, daß der mit Sand beladene Wind schädigend auf die Pflanzen einwirkt. Einmal fand ich in einer Windmulde merkwürdig deformierte Exemplare von *Laccaria laccata*, welche ganz mit Sandkörnern imprägniert waren, deren Hyphen aber wieder um die Wundstellen herumgewachsen waren.

Deutlich ist diese Beschädigung bei der Blumenzwiebelkultur zu beobachten. Wenn im Frühling die Nordwest- oder Nordwinde die Oberfläche austrocknen, wird der Sand auf den Feldern „lebendig". Die zarten Hyazinthenblätter werden verwundet und die mit dem Sande verwehten Sporen und Bakterien können leicht eindringen, und tatsächlich treten nach solchen Winden mehr kranke Pflanzen auf als sonst. Auch in den Tulpen verursacht der Wind bestimmte Schädigungen des Laubes. Um dem Angriff des Windes auf die zubereiteten Kulturfelder vorzubeugen, werden Hecken von schnell wachsenden Bäumen gepflanzt: *Ulmus campestris*, *Ligustrum vulgare*, *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Crataegus oxyacantha*, während zu demselben Zwecke auf den älteren Feldern dichte Buchen- und Eichenhecken oder sogar Hecken von *Taxus baccata* und *Thuja occidentalis* gefunden werden. Um die Kultur-

felder in den echten Dünen zu schützen, pflegt man dort *Sambucus* zu pflanzen. Eine Hecke von 20 cm Dicke genügt dann vollständig, um den Wind zu brechen. Sind die Felder groß, so werden sie weiter noch mit aufgeworfenen Ästen geschützt, oder es werden Strohwische darauf gepflanzt. In der trockenen Frühlingszeit werden die Brachfelder mit den abgeschnittenen Blumen der Hyazinthen bestreut. Dieses ist zwar eine überaus sichere Methode, den Wind zu hemmen, kann aber auch den Boden nur zu leicht mit Krankheiten infizieren.

Daß der vom Winde transportierte Flugsand auch Samen enthält, ist selbstverständlich. Nach trockener Zeit zeigt ferner auch die Lichenendecke durch Einschrumpfung des Rhizoidenfilzes überall Risse, durch welche der nackte Sand hindurchschaut. Diesen können die Winde dann angreifen und dabei sogar die Decke selbst teilweise wegblasen und mit dem Sande mischen. In dieser Weise wird jede neugebildete Wanderdüne in einem bereits fixierten Gebiete von vornherein mit den Keimen der sie später bindenden Vegetation gemischt.

Der Wind transportiert auch den Blütenstaub der anemophilen Gewächse und die Samen vieler Pflanzen, welche dieses, ihrer Feinheit oder ihres geringen Gewichtes wegen, gestatten. Arten der *Orchidaceae*, *Ericaceae* und *Verbasceae* kommen hier in Betracht. Andere sind mit Flugapparaten versehen und unter diesen spielen viele *Compositae* und *Salicacae*, sowie die *Coniferae* und *Betulae* die Hauptrolle. Die Samen von *Corispermum Marshalli* und *Salsola Kali* haben einen breiten, häutigen Saum. Öfter entwickeln diese Pflanzen sich sehr stark, trotzdem ihre Wurzeln nur verhältnismäßig wenig tief gehen. Dann werden sie losgerissen und so begegnete ich am Strande einige Male forthüpfenden *Salsola*-Pflanzen, welche noch viele Samen trugen, doch auf ihrem langen Wege deren auch schon viele verloren hatten.

Betrachten wir jetzt den Einfluß des Windes auf den Habitus der Pflanzen. Wie der Wind diesen modifiziert, zeigt in den Dünen am schönsten der Holunder, *Sambucus nigra*, welcher sich an fast allen Stellen der neuen Dünen vorfindet. In den alten Dünen fand ich ihn aber nie oder sehr selten. Immer ist er im Hippophaetum anzutreffen, einer Sträucherassoziation, welche auf den neuen Dünen häufig bis an die äußerste Meeresdünenkette vorkommt.

Die in dieser stillen, menschenlosen Gegend auf den Sanddornen rastenden Vögel bringen hier mit ihren Exkrementen die Samen von anderen beerentragenden Gewächsen (de Bruyne) und so keimt hier im Windschatten der Holunder, der später über die Sanddornen emporwächst. Dann wird er vom Winde angegriffen und dieser rasiert ihm die Spitzen der emporwachsenden Äste ab. Hierdurch wird er zu reicher Verästelung veranlaßt, und die neuen Ästchen stehen alle parallel nebeneinander, dem Angriff der Winde einen größeren Widerstand leistend und aus ihrem dichten Gewirr wieder viele kleinere Ästchen emporsendend.

So entstehen die so auffallenden rundlichen, wie rasierten Kugeln mit ihrer lebhaften, dunkelgrünen Farbe zwischen dem silbergrauen Gesträuche der Sanddornen. Immer ragen über diese Kugeln viele tote Ästchen empor, als Zeichen des nie aufhörenden Kampfes. Bei Zandvoort und auch an anderen Stellen fand ich mehrfach sehr alte Holunder mit einem Stammumfang von mehr als 1 m und etwa 3 m hoch, aber immer in der typisch ausgebildeten, rasierten Form. Mehr als fingerdicke, aus dem Boden emporschießende Sprösse vermögen nur eine sehr kurze Strecke über die schützende Decke des Mutterbaumes emporzukommen. Der dichten Verzweigung wegen sterben viele Sprösse auch durch Lichtmangel und meistens ist der Boden ringsum mit totem Holz bedeckt oder besteht gar der ganze Strauch zu mehr als 50 % aus solchem. Nicht selten kommen sie vereinzelt auf den Südwest- bis Nordwestabhängen vor und folgen dann erst deren Neigung, um dann allmählich emporzusteigen und so grüne Auswüchse des Abhanges zu bilden, welche in der Form einer parasitären Düne sehr ähnlich sind. Steht ein Strauch aber nahe am Gipfel, so scheint er einfach eine Fortsetzung des Abhanges zu bilden, indem er mützenförmig nach der anderen Seite übergreift. Wiederholt fand ich den Holunder auch in den Südwest bis Nordost gerichteten Windstraßen. Hier wird er mit den Sanddornen und mit *Ligustrum vulgare* durch den Wind in dasselbe Niveau hinabgezwungen, vermehrt sich aber ausgiebig auf vegetativem Wege, durch Wurzelsprosse, und kann ganze Abhänge bedecken.

In seinem Vorkommen ähnelt er dann dem im Osten des Landes wachsenden Halbstrauch *Sambucus Ebulus.* So abrasiert kommt er aber niemals zum Blühen und jeder emporragende Ast wird nicht höher als 0,5 m. Im Winter liefert diese Wuchsform einen merkwürdigen Anblick, weil dann zahllose parallele Ästchen von etwa gleicher Höhe nebeneinander stehen. Im Sommer ist das Gestrüpp so dicht, daß ich nie andere Pflanzen in seinem Schutz angetroffen habe. Im Winter wachsen dagegen an diesen Stellen *Cardamine hirsuta, Cerastium tetrandrum* usw. Ein solches Vorkommen fand ich z. B. schön ausgeprägt bei Noordwykerhout.

Kommt *Sambucus* an den gegen Nordosten oder Osten gekehrten Abhängen vor, so ist er ein breiter hoher Strauch mit weit abstehenden Ästen. In den Birkenbeständen der Dünenkessel erreicht er sogar dieselbe Höhe wie die Birken, hat einen schlanken Stamm und entbehrt der Bodensprosse.

An einem gegen Südwesten gerichteten Abhang auf „de Ebbinge“ bei Zandvoort fand ich einmal im gleichen Niveau abrasiert: *Quercus pedunculata, Ligustrum vulgare, Hippophae rhamnoides, Rosa Pimpinellifolia* und *Salix repens,* welche Pflanzen sonst im Windschutz zu verschiedenen Höhen emporwachsen. Eine alte Eiche war ganz flach ausgebreitet und sandte überall nur $^1/_2$ m lange Äste empor. Nur die kurzlebigen Blütenstengel von *Calamagrostis* überragten dieses Gemisch.

Wie der mit Sand beladene Wind die Pflanzen überschüttet und wie er sie eingräbt, ist von WARMING (1909), RAUNKIAER

(1904) und MASSART (1908) ausführlich beschrieben worden. Ich kann ihre Beobachtungen durchaus bestätigen. Wo diese Überschüttung für mich etwas Interessantes hatte, habe ich sie bereits im obigen erwähnt, um Wiederholungen möglichst zu vermeiden.

Welche anatomischen Merkmale die Pflanzen aufweisen, durch die sie in den Stand versetzt werden, dem Winde Widerstand zu leisten und inwieweit diese Merkmale variabel sind, ist eine Frage, welche ich später zu behandeln beabsichtige.

§ 5. Der Einfluß des Menschen.

Gar nicht selten kommt es vor, daß vorher gut bewachsene Dünen wieder beweglich werden und anfangen zu wandern. Es hat dann irgend eine Schädigung der Vegetationsdecke stattgefunden. Diese wird oft durch den Menschen verursacht, in vielen Fällen aber auch durch Kaninchen, welche an den Abhängen ihre zahlreichen Höhlungen ausgraben und endlich auch durch zu große Trockenheit.

Wie sehr die trockenen Perioden das Niveau des Grundwassers in den Dünen erniedrigen, geht aus den Untersuchungen von DUBOIS hervor. Offenbar muß eine solche Depression im Grundwasserspiegel ein Austrocknen der überliegenden Dünen verursachen.

Der Mensch beeinträchtigt die schützende Pflanzendecke teils durch das Abhauen des Holzes, namentlich in der Nähe der Dörfer, teils durch die Anlage von Kulturfeldern, indem nicht selten ein echter Raubbau vorkommt. Die Leute erhalten von den Besitzern der Dünengüter gegen eine sehr geringe Bezahlung Stücke der grauen Dünen für die Kartoffelkultur zur Benutzung. Jene Böden, welche in der grauen Pflanzendecke viel *Ononis repens* aufweisen, werden bevorzugt und liefern der Erfahrung nach den größten Ertrag. Es wird nicht gedüngt und nur einmal geerntet. Dann bleibt das Feld gewöhnlich liegen, oder es werden höchstens einige Strohwische in den Boden gesteckt.

Weiter wird der Wasserstand durch das Graben von Kanälen und namentlich durch die Sandgruben erniedrigt. Bei Haag und bei Vogelenzang, wo früher in den Dünentälern fruchtbare Wiesen lagen, sind diese durch die Abgrabungen derart drainiert, daß sie fast unbrauchbar geworden sind. Die Kanäle bei Rotterdam, Scheveningen, Katwyk und Ymuiden haben die ehemals von Hoek van Holland bis Groet einheitliche Dünenkette in fünf Inseln geteilt und einen bedeutenden Wasserabfluß veranlaßt. Wie stark das Trockenlegen der Polder die Dünen drainiert hat, habe ich oben schon angegeben.

Die Höhe des „grauen Klinkzand“ in den Sandgruben sowie die Lage der Ortsteinbänke sind zuverlässige Zeichen für den ehemaligen Stand des Grundwassers.

Wir haben gesehen, daß infolge der großen Reibung die Wasserbewegung im Sande nur eine träge ist, und daß dementsprechend eine Anhäufung in der Mitte der Dünen stattfindet, welche dort das Niveau des Grundwassers auf 4 m + AP hinauf bringt. Auch

haben DUBOIS (1910) und PARREAU (1911) bewiesen, daß der Einfluß der Kanäle sich nur in ihrer unmittelbaren Nähe geltend macht. Jeder Kanal zerstückelt den Wasserspeicherraum der Dünengegend und erniedrigt in seiner Nähe den Grundwasserstand. Wo der Einfluß dieser Kanäle schon lange angehalten hat, ist ein entsprechender Dauerzustand eingetreten.

In Fällen, wo der Wasserstand sich bedeutend erniedrigt hat, trotzdem keine Kanäle gegraben worden sind, wie bei Callantsoog, muß dieses klimatischen Einflüssen zugeschrieben werden. An anderen Stellen kann die sekulare Senkung (DUBOIS 1911) eine Erhöhung des Grundwasserspiegels hervorrufen.

Einen günstigen Einfluß hat der Mensch dadurch ausgeübt, daß er die alten und einen Teil der neuen Dünen bewaldet hat, und mehr und mehr wird in der letzten Zeit die Notwendigkeit einer solchen Neubewaldung anerkannt. Diese wird jedoch stellenweise noch viel zu wenig durchgeführt. Wie gut die Dünen, vor allem die alten, sich bewalden lassen, lehrt uns die Umgebung von Haag, Lisse, Haarlem und Bergen. In letzterer Zeit ist auch ein Teil der neuen Dünen bei Haarlem und Haag mit Koniferen bewaldet worden. Hierzu werden *Pinus silvestris*, *P. Laricio austriaca*, *P. laricio* und *P. montana* benutzt und daneben, aber nur da, wo der alte Dünenboden zu erreichen ist, sowie auf den freien alten Dünen, *P. maritima*. Für die Aufforstung kommen weiter in Betracht: Birken, die in kaninchenfreien Dünen sich selbst verbreiten, Eichen, Linden, Weiden und Erlen.

Die Verbreitung der wichtigsten Dünengräser wird auch vom Menschen stark gefördert. Die Bepflanzung der Windmulden und Wanderdünen und das Festlegen der Vordüne wird stets mit Hilfe von Gräsern bewerkstelligt.

§ 6. Der Regen.

(Fig. 4.)

Die Ziffern der Regenstationen, die ich dem „Meteorologisch Jaarboek" verdanke, weisen deutlich aus, daß an der Küste weniger Regen fällt als sonst im Lande. Öfter habe ich während einer Fahrt von Zandvoort nach Amsterdam beobachtet, daß Regenwolken über die Dünenlandschaft hinzogen, um ihr Wasser erst in Haarlem fallen zu lassen. Die Ziffern aus der Fig. 4 auf S. 342 werden das näher erläutern. Das Jahresmittel für das ganze Land ist 704 mm, das Jahresmittel für die von mir gewählten Küstenstationen aber 600 mm. PENNINK (1904) fand beträchtliche Unterschiede in dem Regenfall auf den neuen Dünen bei der Sammelanlage und auf den alten Dünen bei der Pumpenzentrale Leiduin, welche Beobachtungsstellen ± 4 km auseinander liegen. (S. Fig. 4.) Die Ziffern waren:

	Neue Dünen:	Alte Dünen:
1901	503,69	653,59
1902	527,70	659
1903	482,39	643

Die Unterschiede dieser Zahlen, welche die Mittel aus zahlreichen Beobachtungen darstellen, sind für eine solche kurze Strecke sehr hoch.

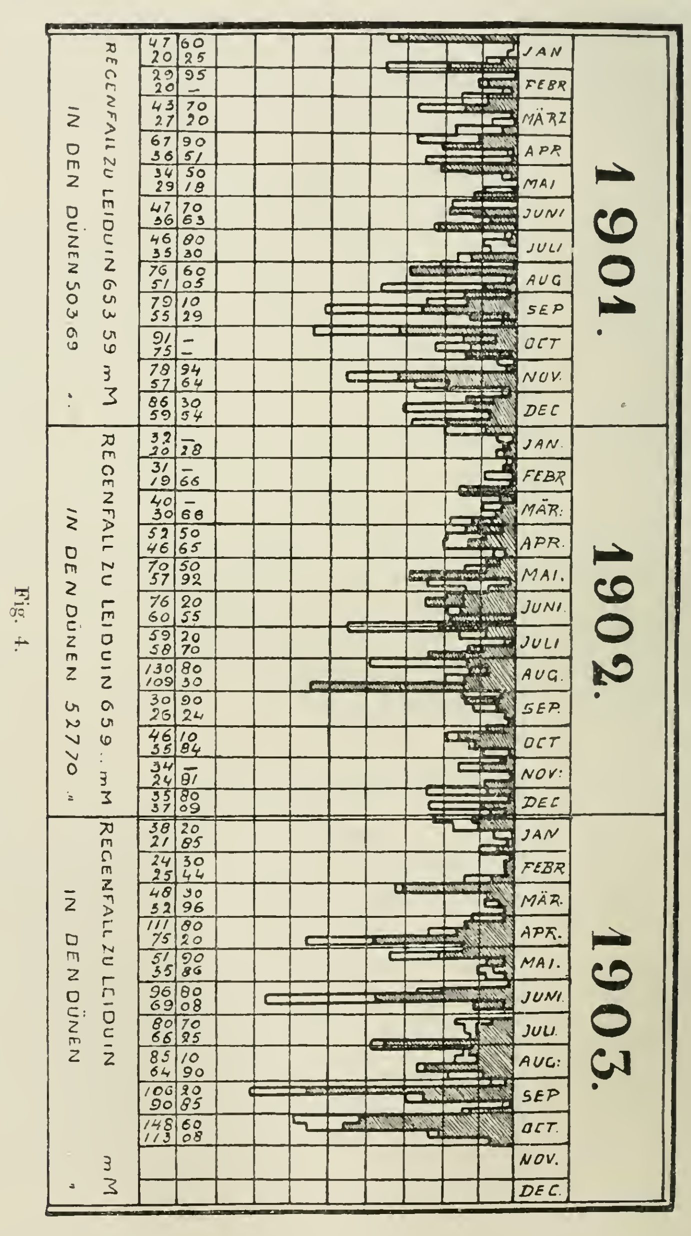


Fig. 4.
Der Regenfall in den Außen- und Binnendünen.

Leider befinden sich die beiden von mir gewählten Küstenstationen in sehr besonderer Lage. Vlissingen liegt ganz offen für die Südwestwinde und Helder wird an allen Seiten vom Meeres-

wasser umgeben, und dementsprechend weist diese nördliche Spitze von Nordholland im Sommer stets die niedrigsten, im Winter dagegen ziemlich hohe Temperaturen auf. Die niedrigen Sommertemperaturen bedingen, daß es in Helder auch bei Nordwestwind regnet, was sonst an der Küste nur bei kräftigen Winden der Fall ist. So sind die Ziffern ziemlich hoch, jedoch fast immer niedriger als die im Osten des Landes. DURIEUX (zitiert von MASSART 1908) führt diese Erscheinung auf die wenigen Gewitter zurück, die meistens starke Regengüsse hervorrufen. Die Armut an Gewittern an der Küste ersieht man auch darin, daß in der Dünengegend kein einziges Haus einen Blitzableiter trägt.

Ferner geht aus den Zahlen für die Niederschläge hervor, daß im Winter und im Sommer der meiste Regen fällt, im Frühling und Herbst dagegen weniger. Die ausgiebigen Winterregen kommen der hivernalen Flora bei ihrem Wachstum zugute, während jene des Herbstes ihre Keimung mit Hilfe der vielen hellen Tage fordern, welche die nötige Temperatur erzeugen. Der meist trockene Frühling ermöglicht es, daß die winterannuellen Pflanzen zur Blüte und Samenreife gelangen, während dieselben Faktoren das Austreiben und Keimen der übrigen Pflanzen begünstigen. Wie bekannt, sind die jungen Pflanzen im Monat Mai sehr großen Extremen der Temperatur ausgesetzt, indem die schönsten und wärmsten Tage nur zu oft von Frostnächten gefolgt werden. Die reichlich fallenden Sommerregen setzen die Temperatur herab, rufen in den Tälern eine sehr reiche Flora hervor und ermöglichen eine dichte Bewachsung der nicht exponierten Abhänge.

Nach den Untersuchungen von DE BRUYN (1903) kommt, selbst in den ungünstigsten Fällen, nur 50 % des Regenwassers dem Boden zugute. Dieses ist wohl eine Folge der spärlichen Bewachsung, durch welche das Wasser schnell in den Sand eindringen kann, indem nur wenig von der Pflanzendecke aufgenommen wird und dementsprechend nur wenig verdunstet. Schon im topographischen Abschnitt habe ich angegeben, daß alles Wasser der Dünen vom Regenwasser herrührt. Anfuhr durch Flüsse usw. gibt es nicht. Wir haben hier nur mit dem lokalen Regenfall und der Verdunstung zu tun [1]).

Nach Beobachtungen, die von 1740 bis 1885 auf dem Hause „Zwanenburg“ bei Halfweg gemacht wurden und jetzt im „Haarlemer Meer“ weiter durchgeführt werden, übertrifft in den Monaten April bis August die Verdunstung den Regenfall (BEEKMAN). In den übrigen Monaten findet das Umgekehrte statt. Das größte Übermaß der Verdunstung fällt in den Mai, das des Niederschlags in den Oktober und November. Daß es für den Regenfall eine bestimmte Periodizität gibt, wurde für Niederland durch die Untersuchung von DUBOIS (1909) bewiesen. Diese Periodizität

---

[1]) Die Behauptung von R. VERBEEK (1905) und de Economist (Jan. en Febr. 1910), daß das tiefe Dünenwasser von dem übrigen Dünenwasser unabhängig ist und sich in unterirdischen Strömen von Ost nach West bewegt, hat sich als unrichtig erwiesen.

stimmt mit den 35 jährigen Perioden von BRUECKNER überein. Beweise für seine Theorie fand DUBOIS aus verschiedenen Daten in der Literatur und in der Dicke der Jahresringe der Bäume in den Dünen. Diese Theorie gab zu gleicher Zeit eine Erklärung der periodischen Erniedrigung des Wassers in den Dünentälern, welche nach ihr nur auf klimatische Bedingungen zurückzuführen ist.

Daß der Grundwasserstand in den Dünen für Änderungen in der Menge des Niederschlags so empfindlich ist, erklärt sich in erster Linie dadurch, daß bei gleicher Wasserzufuhr das Niveau in offenen Kanälen sich nur um $^1/_3$ der Höhenzunahme im Sande erhöht, weil die Kapazität des Dünensandes nur 35 % seines Volums beträgt (VUYCK 1898).

Nach diesen Untersuchungen sollen wir uns jetzt in der Mitte einer feuchten Periode befinden, obgleich das vorige Jahr fast überall besonders trocken gewesen ist. Denn an vielen Stellen war der Wasserstand mehr als 2 m unter die normale Oberfläche gesunken.

Wie schon erwähnt, kommt Schnee sehr selten vor und kann daher außer Betracht bleiben. Dasselbe gilt vom Hagel, der fast nur bei Gewittern fällt, welche, wie wir sahen, nur ausnahmsweise in der Dünengegend auftreten. Von größerem Interesse ist der Tau. Im Spätsommer und Herbst gibt es stets eine Periode, in der viel Tau auftritt, indem es abends in den Tälern kalt, auf den Gipfeln aber warm ist.

Am 10. September 1911 habe ich Beobachtungen über die Frage angestellt, ob der Tau überall gleich stark ist und habe lufttrockene Stücke Fließpapier von 0,28 cm^2 gewogen und an verschiedenen Stellen deponiert. Der Wind war sehr mäßig, Ost. An den vier vorhergehenden Tagen war auch schwerer Tau gefallen und hatte ich am frühen Morgen stellenweise Unterschiede zu sehen geglaubt. Ich habe auf dem nach Süden gekehrten Balkon des Hauses „de Ebbinge"[1]) bei Zandvoort in 4 m Entfernung von dem Boden ein Papier deponiert und weitere vier Stücke wie hier folgt:

1. auf dem Gipfel eines freistehenden Hügels;
2. auf dem Boden des hinterliegenden Kessels im Windschutz;
3. auf dem Boden in einer in der Windrichtung liegenden Windstraße;
4. hinter einem 6 m hohen Wall mit *Populus monilifera*, welche bis unten dicht belaubt waren, während vor ihnen ein dichtes Gestrüpp *Salix repens* stand.

Der Tau war außerordentlich dicht und schwer. Als ich dann am Morgen früh vor Sonnenaufgang die Papiere einsammelte und sofort wog, fand ich folgende Zahlen für das aufgenommene Wasser:

---

[1]) Das Haus steht auf einem Hügel.

	pro m²	Dicke der Wasserschicht
Auf dem Gipfel	39 g = 136,5 g	0,0136 mm
Im hinterliegenden Tal . . .	19½ „ = 68,15 „	0,0068 „
In der Windstraße	37 „ = 129,5 „	0,0129 „
Hinter den Pappeln	3½ „ = 12,25 „	0 00122 „
Auf dem Balkon	6½ „ = 22,75 „	0,00227 „

Der Gipfel und die Windstraße zeigen die höchsten Zahlen, während sie an den Stellen im Windschatten die niedrigsten waren. Rechnen wir die Ziffern auf die Dicke der Wasserschicht pro cm^2 um, so sind die Mengen äußerst geringe. Dieser Versuch ist natürlich nur ein sehr roher, aber er zeigt deutlich, wie groß der Einfluß des Windes bei der Tauverbreitung sein kann.

Eine bewachsene Ebene bietet natürlich eine viel größere Oberfläche auf demselben Raum und damit mehr Veranlassung zur Kondensation dar. Wo jedoch, wie in vielen flachen Dünen, nur ein Teppich von *Ceratodon purpureus* vorkommt, die fast ganz in dem Sande vergraben sind und gleichfalls dort, wo der Boden frei ist, können wir die erhaltenen Ziffern benutzen. So können wir uns einigermaßen die Verbreitung der wintergrünen annuellen Pflanzen erklären. Wenn diese nach dem ersten Herbstregen gekeimt haben, tritt öfter wieder eine trockene Zeit mit vielem Sonnenschein ein. Sind sie nun an solchen Stellen gekeimt, an denen es vom frühen Morgen bis zum Abend Sonnenschein gibt, so sind sie bald vertrocknet, während die Keimlinge an jenen Stellen, wo die Sonne erst viel später zu scheinen anfängt, am Leben bleiben. Solche Stellen sind z. B. die gegen Norden oder Nordwesten und Westen gekehrten Ränder der Wege, offene Stellen im Schlagholz, Südwest- und West- und Nordwestabhänge. Dieses erklärt, nebst den schon besprochenen Ursachen, den Unterschied der Abhänge in ihrer Vegetation.

Die Fruchtbarkeit des Bodens wird durch den Stickstoff erhöht, welcher von den Stickstoffbakterien festgelegt wird; diese Menge ist nicht zu unterschätzen. Alle Leguminosen der Dünengegend tragen die bekannten Knöllchen und auch *Hippophae* und *Alnus* sichern sich, wie bekannt, auf diese Weise eine genügende Menge dieses wichtigen Stoffes. Ferner wird bei Verwesung der pflanzlichen und tierischen Reste ebenfalls eine gewisse Menge Ammoniak gebildet, und auch die atmosphärischen Niederschläge vermehren den Gehalt an NH_3, Nitriten und Nitraten.

In Rothamstedt in England hat man seit mehr als 20 Jahren diesen Gehalt der Niederschläge bestimmt und hat als mittlere Zahl pro HA und pro Jahr bei einem mittleren Niederschlag von 713 mm pro Jahr gefunden: 3,105 kg Ammoniak und 1,379 kg Nitrate und Nitrite, also zusammen 4,84 kg pro Jahr. Das Verhalten ist fast immer dasselbe: 70 % Ammoniak und 30 % Nitrate und Nitrite (MILLER 1905).

Natürlich wird man am Meeresstrande weniger finden als mitten im Land und bei großen Städten viel mehr als auf dem Lande. In Rußland wurde bei Ploty 4,06 kg beobachtet, in Kansas (U. S. A.) 4,08 kg und in Schweden bei Flahult auf 826,8 mm Regen im Jahre 1909 eine Menge von 5,18 kg pro HA (FUEHLING: Landw. Zeitung 1910). Hier war somit der Niederschlag erheblich größer und in Übereinstimmung damit auch die Menge des gebundenen Stickstoffs.

Wie wir sahen, regnet es an der Küste weniger und gibt es fast nie ein Gewitter. Beide Tatsachen werden den üblichen Gehalt verringern. Jedoch können wir wohl annehmen, daß der für Rothamstedt festgestellte Gehalt von 4,8 kg pro Jahr und pro HA ungefähr auch für die Dünengegend gilt.

Die Regengüsse führen häufig den Humus von den Abhängen nach den Kesseln hinunter, wo er dann am Dünenfuß ausgebreitet wird. Diese Verbreitung von Material kann in sehr großem Maßstabe vor sich gehen; ich habe sie jedoch nirgends erwähnt gefunden. Das schönste Beispiel sah ich in den Berger Dünen am 11. August 1911. Nach längerer trockener Zeit war dort auf der pulvertrockenen Oberfläche einige Male viel Regen gefallen. Dieser hatte von den mit Heide bewachsenen Dünen viel Humus nach unten befördert und damit auch die vertrockneten Blüten der *Calluna*. Überall in den Tälern lag wie ein Strom oder ein Band von Humus, bedeckt von den welken Heideblüten. Wie oben schon erwähnt wurde, findet bisweilen auch ein Transport des Humus in senkrechter Richtung statt (V. D. HULL 1838), und es ist unnötig, zu betonen, daß ein solcher horizontaler Transport des Materials jenen in der vertikalen Richtung erheblich fördern muß. An den exponierten Abhängen, wo der Boden ohne Humusdecke war, wurde sehr viel Sand mitgeführt. Die spärlichen *Viola lancifolia* und *Corynephorus* vermochten die Kraft des Regens nicht zu brechen und ungehindert konnte er den Sand angreifen. Demzufolge waren tiefe Regenrinnen ausgespült worden und unten in den Kesseln hatte sich eine dicke Sandschicht gebildet, schwarz umrandet durch den ausgeschiedenen Humus, obgleich dieser nur in winziger Menge vorhanden war. Am Abhang waren überall unterspülte Pflanzen von *Corynephorus*, *Viola* und *Jasione* zu sehen, welche wie auf Stelzen standen. Andere wieder hatten als Hindernis fungiert und unter ihnen lag ein Sandstreifen, welcher deutlich die Dicke der weggespülten Schicht angab. So häuft sich bei jedem Regenschauer, aber auch bei mildem Regen eine Menge Material an dem Dünenfuß an. Diese Menge ist von der Kraft und der Dauer des Niederschlages, von der Bewachsung des Abhanges und von dem Grade der Bodenfeuchtigkeit abhängig. Sie muß an den exponierten Abhängen stets am größten, an den bewachsenen nicht exponierten dagegen am kleinsten sein.

Die exponierten Abhänge müssen bei jedem Niederschlag an Material verlieren. Dadurch findet eine allmähliche Erniedrigung der Düne und eine Erhöhung des Talbodens statt. Wie groß diese

Mengen sein können, lehren die folgenden Beispiele. Nach einem heftigen, während ungefähr $4^3/_4$ Stunden fallenden Regen war von einem $2^1/_2$ m hohen und 10 m breiten Abhang etwa 0,125 m^3 abgetragen. Nach einem starken, 1 Stunde andauernden Schauer war in einem 20 m hohen Abhang eine tiefe Rinne von 0,50 m Breite ausgespült worden und der dabei versetzte Sand bildete einen breiten Schuttkegel von etwa $^3/_4$ m^3 Inhalt.

Sehr sanfter Regen, Staubregen z. B., vermag eine Durchnässung des Dünensandes einzuleiten. Die obere Schicht muß bereits ein wenig feucht sein, sonst hilft aller Regen nichts für die Abhänge und kommt nur den Tälern zugute. Fängt der Regen aber langsam an, so wird die obere Schicht durchfeuchtet; während der mehrere Tage anhaltenden Septemberregen kommt es vielfach vor, daß die oberflächliche Schicht durchnäßt wird und eine oberflächliche Strömung anfängt.

Eine schmelzende Schneedecke ist aber das beste Mittel für die Durchnässung des Dünensandes.

Einen merkwürdigen Transport beobachtete ich am 1. Oktober 1911. Am 30. September 1911 hatte ein furchtbarer Nordweststurm getobt, der in Utrecht eine Schnelligkeit von 30 m pro Sekunde erreichte. Er war von starkem Regen begleitet und dieser dauerte während des ganzen Abends und eines Teiles der folgenden Nacht. Am nächsten Morgen wechselten Regen und Sonne miteinander ab. Um $1^1/_2$ Uhr nachmittags begab ich mich nach der Sandgrube der Elektrischen Bahn nach Zandvoort und war erstaunt, dort den Flugsand in lebhafter Bewegung zu sehen. Der Wind wurde stärker und es fielen große Regentropfen. Diese wurden direkt von Sand umhüllt, eigentlich mit Sand imprägniert. Es wurden Kügelchen gebildet, welche vom Winde gefaßt und fortgetrieben wurden, bis sie im Windschatten der Gleise und in unsern Fußtritten liegen blieben. In der Richtung, in welcher diese Kügelchen flogen, waren Sanddorn und Halme während der Nacht ganz vom feuchten Sand eingehüllt worden. Zwar waren die Umhüllungen der Sanddorne, ihrer Höhe wegen, und weil die Sträucher vom Winde geschüttelt wurden, schon teilweise wieder zerstört worden; die Halmpflanzen dagegen waren unter der Last niedergebogen worden. Es war eine sehr dicke Sandschicht auf die Vegetation geblasen worden, während es sehr stark regnete.

Im Monat Juli 1910 fiel plötzlich nach einer langen trockenen Periode ein, eine Stunde anhaltender furchtbarer Schauer. Das Wasser fiel so schnell, daß die Luft im Sand des Talbodens keine Zeit hatte, zu entweichen. Durch diese Luftschicht wurde dem Wasser der Eintritt in den Boden verhindert und bald standen alle Flächen und Kessel unter Wasser, selbst die hochgelegenen, nur mit Flechten, *Corynephorus canescens* und *Koehleria cristata* bewachsenen. Es strömte von den Abhängen und die trockenen Flechtenkrusten schwammen auf dem Wasser. Wo sich in diesen unter Wasser stehenden Tälern Sträucher befanden, wurden beim Wegsickern des Wassers die Flechten darin hinterlassen.

So konnte ich in vielen Fällen sehen, wie hoch das Wasser gestanden hatte und fand dafür auf einer ziemlich flachen grauen Düne 10 cm. Es bot einen merkwürdigen Anblick, die Dünenhügel zeitweise durch Wasserflächen voneinander getrennt zu sehen, aber noch merkwürdiger war es, dieses Wasser innerhalb weniger Minuten verschwinden zu sehen. Es müssen stellenweise Verbindungen zwischen dem überstehenden Wasser und der tiefliegenden feuchten Bodenschicht entstanden sein. Als ich nachher die obere Schicht auf ihre Feuchtigkeit untersuchte, konnte ich nur hier und da durchnäßte Stellen finden. Der größte Teil der Schicht war aber staubtrocken geblieben.

Wie diese Regengüsse die Samenverbreitung beeinflussen, werde ich an anderer Stelle beschreiben.

Daß nicht immer solche kräftige Agentien nötig sind, um den Sand in Bewegung zu bringen, sah ich öfter an gefrorenen exponierten Abhängen. Wenn diese auftauen, findet eine unaufhörliche Änderung der Oberfläche statt, vor allem, wenn der Abhang etwas steil ist. Werden die Teilchen naß, so wird ihre gegenseitige Reibung geringer und ihre Lage labiler und fortwährend sieht man Körnchen hinabrollen. Auch dieser unscheinbare Transport kann auf die Dauer wichtig werden.

§ 7. Das Grundwasser der Dünen.

(Fig. 5.)

Das Regenwasser sickert durch den Boden bis auf das Grundwasserniveau. Die Bodenmasse über diesem dient als Wasserspeicher und erreicht als solcher in den Dünen eine erhebliche Ausdehnung. Bei weiterer Zufuhr muß das Wasser aber abfließen. Es ist das Verdienst von Badon-Ghyben (1889), Pennink (1904), de Bruyn (1904) und Dubois (1910), die hydrologischen Verhältnisse der holländischen Dünen in vieler Hinsicht klargelegt zu haben. Schon lange weiß man, daß das Polderwasser brackisch, selbst salzig ist, daß dagegen in den Dünen Süßwasser vorhanden ist. Wie diese merkwürdige Erscheinung zustande kommt, blieb unerklärt, bis die Wasserversorgungen der großen Städte genaue Untersuchungen notwendig machten.

Die besten Arbeiten haben die Wasserleitungen von Amsterdam und von Haarlem veranlaßt (Pennink und Dubois). Durch systematisch ausgeführte Bohrungen hat sich gezeigt, daß Süßwasser in unseren Dünen bis ± 130 m tief vorkommt und sich unter Zurückdrängung des Meerwassers im Diluvialsand angehäuft hat. Sobald diese Tiefe in den Bohrungen überschritten wird, findet man aber Salzwasser.

Warum dem so ist, hat zuerst Badon-Ghyben (1889) theoretisch erläutert. Das Vorkommen des Süßwassers beruht auf dem hydrostatischen Gleichgewichtszustand von zwei sich nicht miteinander mischenden, in ihrem spezifischen Gewicht verschiedenen Flüssigkeiten in kommunizierenden Gefäßen (vgl. Fig. 5).

Ein derartiger Gleichgewichtszustand wird eintreten zwischen dem Meerwasser, das sich beim Sinken des Bodens und bei dem Aufbau des Strandwalles mit dem Sande gemischt hat und dem Regenwasser, das sich in den später auf dem Wall gebildeten Dünen aufspeicherte. Das Süßwasser ist leichter und schwimmt auf dem Meerwasser. Je mehr Wasser die Düne speichert, um so mehr wird die Berührungsfläche der beiden Flüssigkeiten hinabgedrückt werden. Man hat berechnet, daß das Süßwasser 42 Male tiefer unter das Meeresniveau absteigen muß, als es sich darüber erhebt. Dieses Ergebnis ist von HERZBERG (1901) auf Sylt in den Bohrungen bestätigt worden.

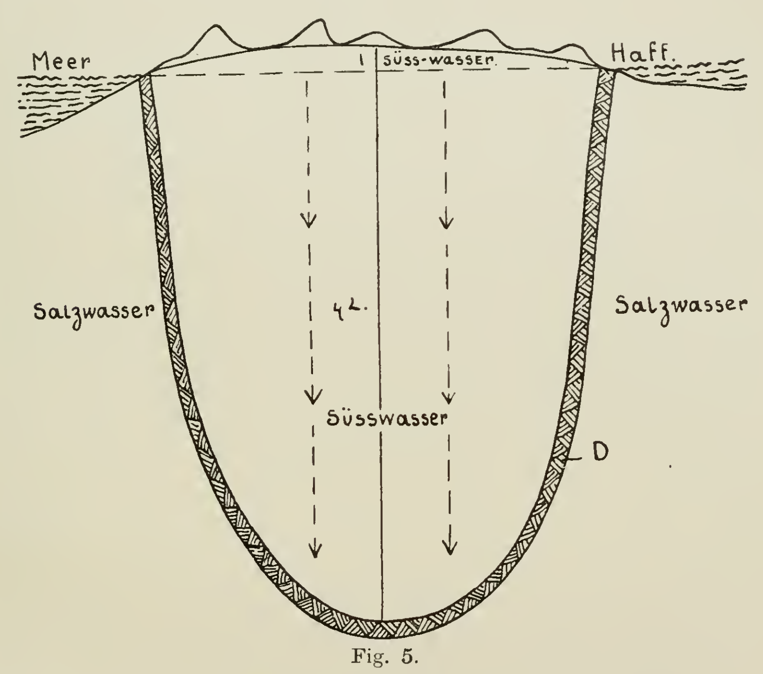


Fig. 5.

Schema zur Erläuterung des Prinzipes von Badon-Ghyben.

D. = Diffusionszone.

Diese mächtige Schicht süßen Wassers hat sich während der Bildung des Strandwalles angehäuft. Früher stand an der Innenseite der Nehrung das Wasser des Haffes in Meereshöhe und war das Dünenwasser somit nach allen Seiten durch Salzwasser umgeben, das überall den gleichen Druck ausübte.

Die Bewegung des Süßwassers ist hauptsächlich eine senkrechte; ein Abfließen nach der Seite findet kaum statt. Die betreffende Zone ist nur sehr schmal, weil der seitliche Abfluß durch den nur wenig Bewegung zulassenden Sand erheblich gehemmt wird.

Dieser theoretisch gedachte Zustand wird in Wirklichkeit jedoch von allerlei Faktoren beeinflußt. Nachdem die Polder

hinter den Dünen trocken gelegt waren, änderten sich diese Verhältnisse. Der Druck, welchen das Brackwasser dort ausgeübt hatte, verminderte sich. Eine unmittelbare Folge war ein Abfließen des Wassers nach dieser Seite. Es fließt (DUBOIS 1903, DE BRUYN 1904, PENNINK 1904) nur wenig durch die oberen alluvialen Schichten ab; das meiste geht durch die diluvialen Schichten. Ehe die Dünen so stark entwässert wurden, konnte sich selbstverständlich mehr Wasser aufspeichern und vielleicht auch höher ansammeln, wodurch ein Abfließen nach der Seite besser möglich wurde.

Hierfür sprechen sowohl die jetzt ausgetrockneten Wasserläufe, wie die bei Haarlem, Bloemendaal, Zandvoort, Haag usw., als auch das Fehlen von Bächlein am Strande, wie sie KOPS (1798) angab und wie ein solches nach mündlicher Mitteilung von Herrn Professor HUGO DE VRIES noch vor etwa 30 Jahren bei Ymuiden vorhanden war, dort, wo jetzt der große Kanal gegraben worden ist. Nach DUBOIS (1909) findet in den untiefen Poldern eine abwärts gerichtete, in den tiefen Poldern eine aufwärts gerichtete Bewegung statt. Nicht nur Süßwasser, sondern auch Salzwasser steigt da auf, aber diese seitlich gerichtete Bewegung ist nur sehr klein, 10 m pro Jahr (DE BRUYN 1904).

Die in den verschiedenen geologischen Zeitabschnitten abgesetzten Lehmbänke oder Lehm haltenden Sande üben wie die überall verbreiteten Torflinsen (s. Tafel XIV, Fig. 2) durch ihre geringe Durchlässigkeit einen Einfluß auf die Wasserbewegung aus. Dadurch wird die Anwendung des BADON-GHYBENschen Prinzipes getrübt, doch bleibt es der Hauptsache nach jedoch richtig. Nach STARING (1856) ist bei der Trockenlegung der „Haarlemer See" ein Weiher in den alten Dünen bei Heemstede ganz trocken gelegt worden, indem das Grundwasserniveau dieser Dünen bedeutend erniedrigt wurde. Dieselbe Erscheinung wird auch mehrfach durch die Sandgruben herbeigeführt, und gleichfalls muß die künstliche Wasserentnahme für die Städte das Gleichgewicht stören. Auch findet ein Abfließen nach der Meeresseite statt; jedoch nur bei niedriger Ebbe oder unter besonderen Bedingungen.

Nach WINTGENS (1911) verhalten sich die Quantitäten, welche dem Meere und dem Polder zufließen, wie $1 : 4^2/_3$. Aus den Ziffern im Profil, Taf. XIV, Fig. 2 (PENNINK 1904) ist zu sehen, daß der Chlorgehalt mit der Tiefe zunimmt, und daß die Lehmbänke darauf einen Einfluß ausüben. Diese Bänke waren mit Salz gesättigt und die Wasserbewegung in ihnen ist nur 8,8 m pro 100 Jahre[1]), und vielleicht rührt es daher, daß sie ihren Salzgehalt so lange behalten. Das Wasser kann anderen Bahnen folgen, auf denen es sich leichter bewegt.

In demselben Profil von PENNINK sehen wir dicke Torflinsen, welche teilweise unter der alten, teilweise unter der neuen Dünenlandschaft liegen. Sie gehören den alten Dünen an, die nach Westen überschüttet worden sind. Ihr Oberflächenwasser

[1]) Watervoorziening van Amsterdam 1905. Bylage 12.

schwankt im Chlorgehalt zwischen 100 und 200 mg pro Liter, während das Sickerwasser der neuen Dünen zwischen 25 und 34 mg schwankt. Im Sommer ist das oberflächliche Wasser ziemlich stark Cl-haltig mit 20—40 mg pro Liter. Dieses ist die doppelte Menge des Gehalts des Regenwassers. Das Salz wurde durch die Nord-, Nordwest- und West-Winter- und Frühlingsstürme in die Atmosphäre gebracht, mit dem Niederschlag abgelagert und sammelte sich allmählich an, um sich im Sommer in dem Grundwasser kenntlich zu machen (PENNINK 1904).

Es ist schon einige Male erwähnt worden, wie groß der Einfluß dieser Torfbänke auf das Grundwasser ist. Ebenfalls beeinflussen Schwankungen des Luftdrucks und die Gezeiten den Stand des Süßwassers (PENNINK 1904), aber die frühere Meinung, daß die Grundwassermenge auch noch durch Kondensation des Wasserdampfes im Boden bereichert werden könne (VOLGER 1877), wurde von HANN (1880) widerlegt. Aus mehreren Messungen geht hervor, daß der Wasserstand am Strande bei Vogelenzang etwa 1 m, in den Mitteldünen aber etwa 4 m + AP ist (PENNINK 1904), und daß mit diesem Stand auch das Niveau der Flächen schwankt. Dasselbe finden wir in Dänemark und Gascogne (BRAUN 1911). DUBOIS (1909) hat bewiesen, daß die Höhe des Grundwasserniveaus nicht den Unebenheiten des Bodens folgt. Denn es zeigte sich bei einer Bohrung in einer etwa 30 m hohen Düne bei Brederode, daß das Grundwasserniveau in derselben Höhe lag wie im Tal. Nur die weniger porösen Schichten des Untergrundes bringen Abweichungen in dem Grundwasserstand und dadurch in der Höhenlage der verschiedenen Teile der Landschaft hervor.

Über den eventuellen Gehalt des Wassers an Nährstoffen habe ich in dem Abschnitt über ,,Kalkgehalt" schon Näheres angegeben. Bei KOPS (1798) und GEVERS (1823) finden wir viele Angaben über den Wassergehalt der Dünentäler und über Bächlein, welche früher aus diesen dem Meere zuströmten, wie bei Wyk aan Zee und Ymuiden. Jetzt finden wir solche noch an vielen Stellen nach der Landseite hin, wo sie ,,Rel", d. h. Bach oder Wasserlauf heißen. Viele Ebenen hatten keinen Abfluß und waren feucht, naß oder moorig, und blieben im Frühling sehr lange kalt. Jetzt werden fast alle diese Ebenen kultiviert, nachdem sie vorher drainiert worden sind.

Nach KOPS (1798) ist der Wassergehalt der Täler abhängig von der Höhe der angrenzenden Dünen. STARING (1856) sagt: ,,Es hat sich unter den alten Tälern eine harte Ortsteinschicht ausgebildet, welche das Durchsickern des Wassers zurückhält." Eine solche Schicht ist aber nach der jetzigen Ansicht nicht nötig, denn die Lage des Grundwasserniveaus gestattet, daß in feuchten Zeiten, z. B. in einem regenreichen Winter bei geringer Verdunstung, das Tal unter Wasser steht. Tatsächlich kommt diese Ortsteinschicht auch nur in den alten Dünen vor.

Wie groß der Einfluß dieses stehenden Wassers auf die Blütezeit ist, geht aus folgendem Beispiel hervor. In Dünentälern, welche im Winter unter Wasser stehen, blühen die Sträucher,

wie *Hippophae rhamnoides*, viel später als in den Tälern, welche im Winter trocken bleiben. *Hippophae* ist eine oberflächlich wurzelnde Pflanze und kann darum als ein gutes Kennzeichen dienen. Bis spät in den Frühling hinein übt das kalte Wasser diesen Einfluß aus und so fand ich bisweilen Unterschiede in der Blütezeit von mehr als einem Monat, indem die auf den exponierten Abhängen wachsenden *Hippophae* stets zuerst blühten. Dasselbe ist in den alten Dünen öfter in den Beständen von *Myrica gale* zu beobachten.

Die Kanäle für die städtischen Wasserleitungen werden meistens als sehr schädlich für die Flora betrachtet. PARREAU (1911) schließt jedoch aus seinen Beobachtungen bei Haag, daß die Wasserentziehung den Grundwasserstand nicht niedriger macht. Die Erniedrigung des Niveaus muß den Niederschlagdefekten zugeschrieben weıden, denn nur in ihrer unmittelbaren Nähe üben die Kanäle nach ihm einen Einfluß aus.

DUBOIS (1909) hat den Einfluß der Wasserleitungskanäle der Prise d'eau bei Haarlem untersucht. Er kommt zu dem Schluß, daß die Kanäle eine beträchtliche Erniedrigung des Grundwasserspiegels hervorgerufen haben, und zwar von etwa 1,50 m über eine Strecke von 1500 m Breite innerhalb 11 Jahren. Nach einem Urteil der Heidemaatschappy (1909) war der Einfluß der Wasserentziehung am stärksten in den Kesseln zu sehen, in dem die Kulturfelder sich allmählich einschränkten und die Wiesen bis auf 800 m Entfernung von der Sammelanlage jetzt wertlos sind.

Infolge der Austrocknung kann man nicht mehr so viele verschiedenartige Holzarten pflanzen und die Bestände werden dadurch jährlich schlechter. Wasserbedürftige Arten können dort nicht mehr wachsen und eine neue Ausbreitung der Bestände kann nur mit Coniferen geschehen. VUYCK (1898), dem wir vieles auf dem Gebiete der Hydrologie verdanken, findet den Einfluß der Kanäle auch in der Erniedrigung des Wasserniveaus und im darauffolgenden Verschwinden der Helophyten aus der Flora. Meines Erachtens wird die Flora jedoch am stärksten durch das Trockenlegen der Polder an der Ostseite und durch die tief unter dem Wasserniveau der Dünen gegrabenen Kanäle der Sandgruben beeinträchtigt, wie auch durch den Nordseekanal und den Ouden Ryn.

§ 8. Einfluß des Wassers auf die Wurzelbildung und auf die Tiefenlage der Rhizome.

Die obere Schicht des Flugsandes ist meistens sehr trocken. Im Herbste aber wird auch sie durchnäßt und es keimen dann in ihr die Repräsentanten der wintergrünen Flora und einige zweijährige Pflanzen, wie *Erodium cicutarium*. Meistens wird dann aber das Substrat mit den Samen von Wind und Wasser fortgetrieben. Für viele Samen ist der sie überschüttende Sand ein Hindernis, denn sie keimen nicht, wenn sie zu tief unter der Oberfläche liegen. Der Rücken der Vordüne, wo stets frischer Sand

anweht, ist beständig locker und beweglich. Die Samen können hier an der Oberfläche, der Trockenheit wegen, nicht keimen. Werden sie jedoch überschüttet, so wird der Sand feucht. An solchen Stellen fand ich junge Keimpflanzen von *Psamma arenaria*, welche sehr tief überschüttet waren und sich stark verlängert hatten. Am deutlichsten trat dies aber im Jahre 1910 bei Bergen hervor an Keimlingen von *Eryngium maritimum*, welche ihre zwei ersten Blätter trugen, etwa 4 Wochen alt waren und etwa 20 cm unter der Oberfläche gekeimt hatten. Das Hypocotyl hatte sich bis an die letztere verlängert, die Keimwurzeln waren mehr als 60 cm, einige sogar bis 1 m lang und schon stark in die Dicke gewachsen. Sie hatten sich aber nicht verzweigt. Ähnliches kommt bei der Keimung der Samen von Wüstenpflanzen vor (LINGSTON 1906). Über dem Sand erhoben sich nur die zwei winzigen Cotyledonen und die zwei ersten Blättchen. Die Überschüttung fuhr fort und die Cotyledonen kamen unter den Sand, während die Stiele der Blätter sich durch interkalares Wachstum stark verlängerten. Ich fand auch mehrere Exemplare, für die der Sandanflug zu schnell vor sich gegangen war, und welche dementsprechend ganz überschüttet worden waren. Ihre Blätter waren etioliert, aber ihre Endknospen noch völlig lebensfähig. Einige waren auch in der gewöhnlichen Weise gekeimt, und bei diesen hatten weder das Hypocotyl noch die Blattstiele sich verlängert und war die ganze Pflanze normal, wenn auch mit sehr langen Wurzeln.

Die meisten Pflanzen der Dünen bilden eine lange Hauptwurzel. Ist die obere Schicht im nächsten Sommer und Herbst gut durchnäßt, so treiben viele unter ihnen ihre Seitenwurzeln bis zu großen Distanzen. So habe ich einmal 1910 bei einigen *Oenotheren* die Länge der oberen, horizontalen Seitenwurzeln gemessen und fand solche von $3^1/_2$ m Länge. Die Pflanzen hatten jede bis 3—6 solcher Wurzeln, und diese trugen feine Seitenwurzeln zweiter und dritter Ordnung, mittels deren sie eine Oberfläche von 7 m und mehr im Durchschnitt ausnützen konnten. Die Bildung dergleicher Seitenwurzeln, unmittelbar nach schweren Regen, beobachtete ich auch bei *Reseda lutea, Daucus Carota, Cynoglossum officinale, Lychnis vespertina, Anthyllis vulneraria* und einigen anderen. In bezug auf Länge, Verästelung und oberflächlichen Lauf waren sie am schönsten in der *Oenothera Lamarckiana* ausgeprägt. Ein solches Wachstum ist nur bei weitem Stande und in lockerer Erde möglich.

Nach mehrtägigem Regenfall, welchem eine trockene Zeit folgte, habe ich die Dünenpflanzen mehrfach in bezug auf diese Erscheinung untersucht. Kein einziges Mal wurde ich getäuscht. Immer hatten sowohl Kräuter als holzige Pflanzen in den oberflächlichen Schichten neue Seitenwürzelchen getrieben.

Die Seitenwurzeln werden bei einigen Pflanzen schon sehr früh angelegt, wie z. B. bei *Daucus Carota, Anthriscus silvestris* und *Lychnis vespertina*. Hier findet man breit ausgezogene Wucherungen von Rindengewebe, aus deren Mitte später die Seitenwurzel

hervortritt. Bei *Lychnis* bleiben viele dieser Würzelchen unentwickelt (s. Taf. XVI, Fig. 2) und sind dann nur als dünne Fädchen von einigen Millimetern Länge sichtbar. Nur sehr wenige wachsen zu normalen Seitenwurzeln aus. Zwischen diesen beiden Kategorien sind Übergänge meistens nicht vorhanden. Bei *Daucus Carota* verhält sich die Sache aber anders. Hier sind auch die querlaufenden Wucherungen anwesend, aber jede von ihnen trägt mehrere kollateral oder serial gestellte Würzelchen. Bei *Echium vulgare* fand ich in der oberen Strecke fast nie Seitenwurzeln. Die Hauptwurzel geht senkrecht hinab und verzweigt sich auch in jener Tiefe, in der Wasser und Nahrung in genügender Menge vorhanden sind, nur spärlich. Diese Tiefe beträgt an mehreren Stellen mehr als 1 m. In den Kulturfeldern, deren Boden alljährlich gleich tief bearbeitet wird, bildet sich in dieser Tiefe nach einigen Jahren eine feste, weniger durchlässige Schicht infolge der Auslaugung der oberen Schicht und durch das Festtreten bei der Bearbeitung. Die Pflanzen, welche auf solchen Feldern wachsen und eine tiefgehende Pfahlwurzel haben, verzweigen sich erst dort. Dieses habe ich wiederholt bestätigen können. So fand ich auf einem verlassenen, aber vorher sehr lange (schon 40 Jahre) bebauten Acker folgende Pflanzen mit genau derselben Länge der unverästelten Pfahlwurzelstrecke: *Reseda lutea, R. Luteola, Echium vulgare, Anchusa officinalis, Lupinus polyphyllus, Pastinaca sativa, Daucus Carota, Ononis repens.* Die Tiefe des bearbeiteten Bodens betrug etwa 45 cm und alle Pfahlwurzeln zeigten bis zu dieser Tiefe keine Seitenwurzeln. DE VRIES (1901) hat einmal einen analogen Fall beobachtet. Nachdem er in seinem Versuchsgarten ein Beet sehr tief hatte ausgraben und mit Sand ausfüllen lassen, waren die Wurzeln der darauf ausgesäten *Oenotheren* durch den Sand nahezu ohne Zweigbildung hindurchgewachsen und hatten sie sich erst in der guten unterliegenden Erde reichlich verzweigt.

Es gibt auch solche Arten, welche schräg nach unten gerichtete Seitenwurzeln absenden. Diese entstehen anfänglich auf der ganzen Länge, wachsen jedoch auf der mittleren Strecke nicht weiter aus. Wo der Boden von einer lebendigen Pflanzendecke geschützt ist, ist die obere Schicht immer etwas feucht und besteht sie aus einer Mischung von Sand und Humus und hat dadurch eine höhere Wasserkapazität. Auch haben Rhizoide und Wurzeln zumeist einen dichten Filz gebildet, welcher natürlich stark dazu beiträgt, das Regenwasser festzuhalten. Erst wenn nach starken Regengüssen diese obere Schicht durchnäßt und übersättigt ist, kann das Wasser durchsickern. Die nun folgende Strecke ist, wie schon erwähnt, sehr wasserarm; jedes Sandkorn ist von einer dünnen Wasserschicht überzogen, in der es dem durchsickernden Wasser leicht wird, seinen Weg hinab zu finden. Erst in größerer, lokal verschiedener Tiefe folgt darauf eine Sandschicht mit 6 bis 11 % Wasser, aus welcher die Pflanzen wieder Wasser aufnehmen können (VUYCK 1898). In der zwischenliegenden Schicht ist die Aufnahme schwierig und entwickeln sich daher die Seitenwurzeln

nur selten. Sehr schöne Beispiele dazu fand ich bei *Anthyllis Vulneraria* und einigen anderen Rosettenpflanzen der grauen Dünen.

Fehlt dem Boden dagegen die schützende Decke, so ist die obere Schicht trocken; ihre Dicke wechselt mit der Lokalität und mit den klimatischen Verhältnissen. Hierunter liegt dann unmittelbar die 6—11 % Wasser haltende Schicht, welche sich in gewöhnlichen Jahren im Sommer nur 5—15 cm unter der Oberfläche befindet. In dem heißen Sommer 1911 war sie aber erst in einer Tiefe von $1\,{}^{1}/_{2}$—2 m anzutreffen und oft liegt sie noch tiefer, aber in feuchten Ebenen doch meist auf etwa 1 m Tiefe.

Die auf dem Flugsande auftretenden perennierenden Gewächse sind meistens Gräser oder Seggen, auch Kompositen mit langen Rhizomen, wie *Cirsium arvense* und *Sonchus arvensis*. Wenn diese sich auf einer Ebene ansiedeln, steigen ihre Wurzelstöcke bis zu derjenigen Tiefe herab, wo der lockere Boden noch genügend Wasser enthält. Dort entwickeln sie dann ein dichtes Geflecht von Ausläufern und Wurzeln, das für Regenwasser fast undurchdringlich ist. Mehrmals fand ich im Herbste, wenn der Regen den Boden überall durchnäßt hatte, an Stellen, wo *Triticum repens, Carex arenaria, Calamagrostis Epigeios* und *Cirsium arvense* zusammen auftraten, die obere Schicht feucht, aber die unter dem Rhizomgeflecht liegende ganz staubtrocken. Proben derselben ergaben bei 120° getrocknet keinen nennenswerten Verlust an Wasser.

In den großen Flächen, welche nur wenig über dem Grundwasserniveau liegen, fehlt eine solche unterliegende trockene Schicht. Hier hält auch im Falle der Bildung ähnlicher Filze das kapillar aufsteigende Wasser den Boden feucht. Im Sommer ist hier die Oberfläche am Tag trocken infolge der Verdunstung, während in der Nacht das Wasser aufsteigt. Trägt ein solcher Boden keine Vegetation, so findet während der Nacht keine oder nur eine geringe Verdunstung statt und ist der Boden am Morgen wieder feucht. Diese Eigenschaft des Bodens ist in der Praxis wohl bekannt; man sagt, daß der Boden „opgeeft" = aufgibt.

§ 9. Das Licht.

Wie von SACHS (1865), STAHL (1883) und WIESNER (1893, 1895) nachgewiesen wurde, ist die Lichtintensität ein wichtiger Faktor für die Verbreitung der Pflanzen und hat sie auch auf ihre Gestalt und ihren anatomischen Bau einen großen Einfluß. Diese Intensität wechselt nach Jahreszeit, Breite, Höhe, atmosphärischer Feuchtigkeit und Bewölkung. Ferner wissen wir, daß das Licht durch seine chemische Einwirkung auf das Chlorophyll die Assimilation des Kohlenstoffdioxyds hervorruft, und daß dieser Prozeß mit der Lichtintensität bis zu einem für jede Art bestimmten Optimum zunimmt, oberhalb dessen die stärkere Beleuchtung schädlich wirkt (STAHL 1894).

Stark beleuchtete Pflanzen haben eine höhere Temperatur, als die umgebende Luft, und beschattete Pflanzen werden durch

die Ausstrahlung kälter als diese. Die Steigerung der Temperatur fördert die Transpiration, welche letztere durch die Pflanze mittels allerhand Vorrichtungen reguliert werden kann. STAHL (1894), VOLKENS (1887), TSCHIRCH (1881, 1882), WIESNER (1893, 1895), KERNER VON MARILAUN (1887) und WARMING (1902) haben gezeigt, wie die Stellung der pflanzlichen Organe von der Beleuchtung abhängig ist und wie dieses sich z. B. in der Blattmosaik äußert. Auch der Habitus der Pflanzen wird vom Lichte stark beeinflußt, denn die stark exponierten Pflanzen sind immer viel gedrungener im Bau. Ferner gibt es Arten, welche mit wenig Licht vortrefflich gedeihen (heliophobe Pflanzen) und andere, welche nur mit vielem Licht leben können, die heliophilen Arten (WIESNER 1907).

Bei der Besprechung der Assimilationszeit der Dünenpflanzen werde ich Gelegenheit haben, näher darauf einzugehen. Hier aber will ich kurz einige Beispiele über die Reaktion auf den Lichtreiz mitteilen. In einem Eichengestrüpp war der Boden bedeckt mit *Glechoma Hederaceum.* Die Stengel waren hellgrün, die Blätter dunkelgrün und glänzend, groß und langgestielt; alle Blätter waren dem Lichte zugewandt, und es gab fast keine blühenden Sprossen. Näherte ich mich den Pflanzen von der Nordseite, so sah ich nur die Unterseite der Blätter. Exemplare von demselben Stock, welche ich an die volle Sonne verpflanzt hatte, zeigten im nächsten Jahre einen ganz andern Habitus. Hier waren nur sehr kurze Ausläufer getrieben worden, und diese waren dick und rot gefärbt. Die blühenden Sprosse, deren sehr viele gebildet worden waren, waren kurz und dick und ihre Blattscheiben waren dem Stengel fest angedrückt. Die ganze Pflanze war dicht behaart und matt.

In einem sonst sehr feuchten Dünental gab es in diesem trockenen Jahre (1911) fast kein Wasser, und demzufolge hatten allerlei Sumpfpflanzen sich nur mäßig oder gar nicht entwickelt. An einer Stelle fand ich ein *Phragmitetum*, gemischt mit *Ranunculus Flammula, Caltha palustris, Mentha aquatica* usw. und eine Bodenbedeckung von *Hydrocotyle vulgaris* und Moosen. Infolge der Trockenheit war das Schilfrohr schon früh abgestorben und waren die übrigen Pflanzen sehr klein geblieben. Dementsprechend war der Lichtgenuß für *Hydrocotyle* ein viel größerer geworden und waren alle Blattscheiben, welche sonst nahezu wagrecht stehen, senkrecht gestellt. Unmittelbar unter dem schildförmigen Blatt trägt der Blattstiel einige farblose Schuppen, welche die Biegungszone anweisen und hier wechselt der Winkel zwischen der Scheibe und dem Blattstiel zwischen 0° und 30°.

Epipactis latifolia, Mayanthemum bifolium, Polygonatum officinale und dergleichen Pflanzen, welche sowohl im Schatten, wie an der vollen Sonne gedeihen, zeigen auf den exponierten Standorten einen gedrungenen Habitus mit sehr kleinen Blättern, deren Stellung oft eine solche ist, daß sie einander beschatten oder daß die Lichtstrahlen an ihnen entlang fallen. Viele, wie *Polygonatum,* kehren ihre Unterseite dem Lichte zu. Regelmäßig,

auch im Schatten, drehen die Blätter von *Allium ursinum* ihre Unterseite nach oben. Dieselbe eigentümliche Drehung fand ich bei *Brachypodium sylvaticum*, sowohl im Walde als im Lichte. Wenn man sich einer Gruppe dieser Gräser von der Sonnenseite her nähert, fallen die weißen Nerven der Unterseiten der Blätter stark auf. Wie diese Drehung zustande kommt, werde ich gelegentlich der anatomischen Behandlung der Dünenpflanzen zu besprechen haben. Wo die Oberseite der Blätter bei *Polygonatum* nicht genügend geschützt war, wurde das Chlorophyll im Palisadenparenchym vernichtet und waren gelbe Streifen und Flecken sichtbar.

Die Anzahl der Pflanzen mit opponierter oder dekussierter Blattstellung ist in den Dünen verhältnismäßig groß (Massart 1908). Wo solche Pflanzen im Lichte wachsen, werden die Internodien kurz und decken die Blätter einander, während im Schatten die Stengel viel länger und die Blätter größer sind.

Die Transpiration steigert sich mit der Beleuchtung und der Temperatur. An den exponierten Abhängen, wo nur wenig Wasser anwesend ist, können demgemäß nur solche Arten wachsen, welche Vorrichtungen haben, um die Transpiration herabzusetzen. Unter diesen nenne ich zuerst den Einrollungsmechanismus der Gräser (Duval-Jouve 1875, Tschirch 1882, Volkens 1887). Die bekanntesten Beispiele sind: *Agropyrum junceum, A. pungens, Ammophila arenaria, Corynephorus canescens, Koehleria cristata albescens, Festuca rubra arenaria, F. duriuscula, F. duriuscula glauca, F. ovina.* Die annuellen, hivernalen *Gramineae*, wie *Bromus tectorum, B. sterilis* und *Phleum arenarium*, wie die Bewohner der Sümpfe und feuchten Täler: *Glyceria aquatica, Gl. fluitans, Phragmites communis* u. a. entbehren diesen Mechanismus und finden sich dementsprechend nur in der nassen Jahreszeit oder an Stellen mit stehendem Wasser.

Kleine oder fast fehlende Blätter bedingen eine geringe Transpiration. Solche Pflanzen können auf heißen, trockenen Böden leben. In den neuen Dünen finden wir nur wenige Vertreter dieser Gruppe. *Asparagus officinalis, A. prostratus, Corispermum Marshalli* und *Salsola Kali* sind die hier anzuführenden Beispiele. Auf den alten Dünen sind es vor allem: *Cytisus scoparius, Empetrum nigrum, Calluna vulgaris, Erica tetralix, Genista anglica, G. tinctoria* und *Ulex europaeus*, welche diesem Typus angehören. Auch die anatomische Struktur der Blätter wird stark durch das Licht beeinflußt. Im allgemeinen sei hier mitgeteilt, daß der isolaterale Blattypus ziemlich selten vorkommt, daß dagegen mehrere Pflanzen mit dorsiventralem Typus in der Rosette, wie *Echium vulgare* und *Anchusa officinalis* am Stengel isolaterale Blätter tragen, wenn sie auf dem nackten Sande wachsen, dagegen dorsiventrale Blätter, wenn der Boden ringsum mit Pflanzen bedeckt ist. Der nackte, helle Sandboden wirft das Licht zurück und ruft diese Änderung der Blätter zum Vorschein, wie Giltay (1886) bei *Euporbia Paralias* gefunden hat. Daß dem so ist, zeigt sich deutlich, wenn ein tiefer angesetztes Blatt ein höher

angesetztes gegen die zurückgeworfenen Lichtstrahlen deckt, indem dann der beschattete Teil dorsiventral, der nicht beschattete isolateral ist, wie ich dieses bei *Echium* und *Anchusa* gesehen habe. Der isolaterale Typus ist am schönsten ausgeprägt bei *Iris pseudacorus*, *Juncus*-Arten, *Allium vineale*, deren aufrecht stehende Blätter beiderseits dem Lichte ausgesetzt sind. (Über diese anatomischen Verhältnisse werde ich in einem später zu publizierenden Aufsatze ausführlich berichten.)

Die Intensität der Wirkung des Lichtes ist natürlich in erster Linie von der Zeit abhängig, während welcher die Sonne scheint. Deshalb habe ich, soviel mir möglich war, diese Zeiten mit Jordans Sonnenautograph (Photografic Sunshine Recorder) gemessen. Im allgemeinen gibt dieser Apparat, wenn auch mit kleinen Fehlern, eine Übersicht über die Zeiten, während welcher der Sonnenschein kräftig ist und die Pflanzen die direkte Bestrahlung genießen und Energie speichern können.

In untenstehender Tabelle gebe ich einige der auf dem höchsten Dünengipfel der „Ebbinge" bei Zandvoort von mir gefundenen Zahlen. Selbstverständlich muß der Apparat so aufgestellt werden, daß er niemals im Schatten steht.

Datum 1910	Sonnenschein in Std.	Datum 1910	Sonnenschein in Std.	Datum 1910	Sonnenschein in Std.	Datum 1910	Sonnenschein in Std.	Datum 1910	Sonnenschein in Std.
7. 5.	5^{10}	5. 6.	14^{10}	24. 6.	4^{00}	31. 8.	5^{10}	19. 9.	7^{20}
8. 5.	9^{20}	6. 6.	16^{35}	25. 6.	5^{20}	1. 9.	4^{20}	20. 9.	6^{40}
9. 5.	4^{45}	7. 6.	10^{50}	26. 6.	4^{40}	2. 9.	1^{40}	21. 9.	6^{45}
10. 5.	2^{00}	8. 6.	8^{50}	27. 6.	—	3. 9.	6^{30}	22. 9.	5^{30}
11. 5.	0^{40}	9. 6.	9^{40}	28. 6.	2^{20}	4. 9.	5^{20}	23. 9.	1^{30}
12. 5.	11^{40}	10. 6.	—	29. 6.	4^{00}	5. 9.	—	24. 9.	—
13. 5.	9^{15}	11. 6.	0^{45}	30. 6.	5^{40}	6. 9.	0^{10}	25. 9.	6^{50}
14. 5.	8^{30}	12. 6.	4^{50}	1. 7.	5^{00}	7. 9.	1^{10}	26. 9.	6^{00}
15. 5.	2^{30}	13. 6.	—	2. 7.	9^{10}	8. 9.	5^{20}	27. 9.	2^{00}
16. 5.	5^{00}	14. 6.	0^{10}	3. 7.	6^{10}	9. 9.	3^{20}	28. 9.	12^{00}
17. 5.	4^{40}	15. 6.	0^{55}	4. 7.	0^{10}	10. 9.	—	29. 9.	9^{35}
18. 5.	2^{50}	16. 6.	0^{15}	5. 7.	0^{50}	11. 9.	1^{05}	30. 9.	5^{50}
19. 5.	2^{20}	17. 6.	6^{00}	6. 7.	0^{20}	12. 9.	0^{40}	1. 10.	11^{45}
20. 5.	15^{50}	18. 6.	16^{45}	7. 7.	0^{10}	13. 9.	—	2. 10.	3^{00}
21. 5.	15^{55}	19. 6.	10^{00}	8. 7.	2^{50}	14. 9.	5^{30}	3. 10.	5^{10}
22. 5.	16^{00}	20. 6.	16^{48}	9. 7.	—	15. 9.	4^{30}	4. 10.	3^{10}
23. 5.	14^{1}	21. 6.	16^{00}	10. 7.	16^{30}	16. 9.	10^{20}	5. 10.	4^{40}
3. 6.	8^{50}	22. 6.	2^{40}	29. 8.	3^{40}	17. 9.	1^{20}	6. 10.	—
4. 6.	10^{00}	23. 6.	—	30. 8.	4^{40}	18. 9.	0^{20}	7. 10.	5^{10}

Ich habe diese Zahlen in einer graphischen Tabelle übersichtlich dargestellt (vgl. S. 359, Fig. 6). Es gibt in den Beobachtungszeiten große Lücken, während welcher ich weit von der Observationsstelle auf Exkursionen war und den Apparat nicht genügend bedienen konnte. Im Monat Mai waren Tage mit etwa

16 Stunden Sonnenschein keine Seltenheit, während der ganzen Beobachtungszeit von 17 Tagen gab es deren 4, ferner 4 mit 5—10 Stunden, während 9 Tage nur $^1/_2$—5 Stunden Sonnenschein ergaben. Vom 3. Juni bis 10. Juli, also von 38 Tagen, waren 7 ohne und 6 mit etwa 16 Stunden Sonnenschein.

Ferner gab es 10 Tage, während welcher die Sonne zwischen 5 und 10 Stunden pro Tag unbedeckt war und 15, wo dieses nur während $^1/_2$—5 Stunden der Fall war. Vom 29. August bis 7. Oktober gab es 5 Tage ohne Sonnenschein, 3 Tage mit mehr als 10 Stunden, 14 Tage mit 5—10 Stunden und 18 Tage mit weniger als 5 Stunden Sonnenschein. Vom 7. bis 23. Mai gab es im Mittel etwa $7^1/_2$ Stunden pro Tag; vom 3. bis 30. Juni etwa 7 Stunden und im September nur ungefähr 4 Stunden mit Sonnenschein pro Tag.



Fig. 6.

Angabe des Sonnenscheins in Stunden pro Tag auf den Dünen der „Ebbinge" bei Zandvoort im Sommer 1910.

In den Dünen ist Schatten selten, da nur wenig Holz anwesend ist und die jüngsten Dünen dessen ganz entbehren. Ich war leider nicht in der Lage, genaue Beobachtungen über die Intensität zu machen, konnte jedoch feststellen, daß die exponierten Abhänge eine ganz andere Flora tragen als die von der Sonne abgewandten. Es ist selbstverständlich, daß hierbei ferner die Erwärmung des Bodens, die Bodenfeuchtigkeit und die Struktur des Bodens in Betracht kommen.

In den Dünen finden wir da, wo es keinen Baumwuchs und dadurch auch keinen Schatten gibt, allerhand Pflanzen an den Nordwestabhängen konzentriert. Die auffallendsten Beispiele liefern *Polypodium vulgare* und *Botrychium Lunaria*. Die erstere bedeckt diese Abhänge nach meinen Erfahrungen bei Haag, Noordwyk, Zandvoort, Wyk aan Zee und Bergen in dichten Rasen und ist dort die herrschende Pflanze. So fand ich am 12. Oktober 1910 nördlich von Noordwyk unmittelbar hinter der

geschlossenen Vordüne eine Reihe von Strichdünen, welche voneinander durch Südwest bis Nordost verlaufende Windstraßen getrennt waren. Sie waren etwa 10 m hoch und hatten ausgesprochene Nordwest- und Südostseiten. Die letztere war kahl und nur spärlich besetzt mit *Hippophae rhamnoides*, *Rubus caesius*, *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra arenaria*, während einige unter ihnen kleine Bestände von *Rosa pimpinellifolia* aufwiesen. Die Nordwestabhänge dagegen waren in ihrem unteren Teil so dicht bewachsen mit *Polypodium vulgare*, daß nur wenige andere Pflanzen wie *Ononis repens*, *Rhinanthus minor*, *Polygala vulgaris* und *Calamagrostis Epigeios* dazwischen Platz fanden. Der Kamm war dicht bewachsen mit *Ammophila arenaria* und *Elymus arenarius*.

Weiter fand ich an diesen Abhängen stets *Dicranum Scoparium*, welche Moosart hier dichte Polster bildet, während sie an den exponierten Abhängen nie zu finden ist. Meistens fand ich auch Keimpflanzen von Bäumen und Sträuchern an solchen Abhängen oder in den Tälern. Sobald durch den Baumwuchs Schatten entsteht, wie solches mehr landeinwärts der Fall ist, finden wir die *Polypodien* am Fuß der Bäume, während *Botrychium Lunaria* in den dichten *Salicetis* auftritt. Die Heide, *Calluna vulgaris*, bedeckt die großen Dünenflächen von Noordwykerhout, Loosduinen, Bergen, Schoorl, Callantsoog und Helder. Wie bekannt (Graebner 1901), bedarf *Calluna vulgaris* einer feuchten Atmosphäre. Sie ist, wie *Erica tetralix* und andere Mitglieder der durch sie charakterisierten Vegetation, eine an ein ozeanisches Klima gebundene Pflanze. Hierdurch ist es begreiflich, daß sie nicht auf den Südost-, wohl aber auf den Nordwestabhängen und in den feuchten Tälern vorkommt. Am schönsten finden wir dies in den Schoorler Dünen ausgeprägt. Hier sind die bis 40 m hohen Nordwestabhänge bis an ihre Gipfel dicht besetzt mit *Calluna vulgaris*, zwischen welcher *Betula verrucosa*, *Sorbus aucuparia*, *Berberis vulgaris* vorkommen. Auf dem Boden breitet sich eine Decke von *Hypnum purum* und allerhand Lichenen aus. Ferner gibt es hier *Galium verum*, *Ammophila arenaria*, *Hieracium umbellatum*, *Rubus caesius*, *Agrostis alba* und *Festuca ovina*.

Der Boden des Dünenkessels war mit einem üppigen Callunetum besetzt, das nach der Seite des Südsüdostabhanges lockerer wurde. Auf dem Boden wuchsen *Cladonia rangiferina* und *Galium verum*. Der Südsüdostabhang selbst hatte aber keine Bodenbedeckung und war nur spärlich bewachsen mit *Corynephorus canescens*, *Viola canescens*, *Jasione montana* und *Hieracium umbellatum*. Die *Viola canina* zeigte hier einen stark xerophytischen Charakter mit kleinen, glänzenden, dicken Blättern, welche mehrfach dunkelrot gefärbt waren.

Dieser Abhang wurde fast vollständig festgehalten durch *Viola canina lancifolia* und *Koehleria cristata albescens*, welche der Überschüttung sehr gut widerstehen. Auf Taf. XVI Fig. 1 ist ein unterirdischer Sproß von *Viola* abgebildet, welcher während vier Vegetationsperioden überschüttet worden war, und auf Taf. XV ein solcher von *Koehleria cristata*, der 5 mal überschüttet wurde.

Im Jahre 1909 pflanzte ich einige Exemplare von *Glechoma hederaceum* an der vollen Sonne auf 2 m Entfernung eines Bestandes von Eichenschlagholz. Kontrollpflanzen pflanzte ich in dem Eichengestrüpp. Der Rand des Bestandes war nach Osten gekehrt und hatte also Morgen- und Mittagssonne bis etwa 4 Uhr nachmittags; dann erst erreichte der Schatten meine Versuchspflanzen. Während des Sommers machten beide Pflanzen Ausläufer, welche bei den Schattenpflanzen keine bestimmte Richtung hatten, bei den Sonnenpflanzen dagegen alle in derselben Richtung nach dem Eichengestrüpp hin wuchsen. Der Einfluß des Gestrüppes machte sich also noch eine Strecke weit geltend, höchstwahrscheinlich durch verringerte Lichtintensität und größere Feuchtigkeit.

§ 10. Änderung des Klimas durch örtliche Bedingungen.

Wie das oben beschriebene ozeanische Klima durch allerhand lokale Bedingungen geändert wird und daher Pflanzen, welche in geringer Entfernung voneinander stehen, sehr verschiedenen klimatischen Einflüssen ausgesetzt sein können, mögen die jetzt folgenden Beobachtungen erläutern (vgl. Fig. 7, S. 362).

Am 11. September 1911 habe ich an einem hellen Tage jede Viertelstunde zwischen 8 Uhr morgens und $6\,{}^1/_2$ Uhr abends die Temperaturen gemessen, welche ein bewachsener Nordabhang, ein bewachsener Südabhang, der bewachsene Gipfel derselben Düne und die Luft in 1,50 m Höhe über dem Gipfel aufwiesen. Der Himmel war während dieses ganzen Tages unbedeckt, der Wind war südöstlich und beide Abhänge waren an ihrer Oberfläche völlig trocken. Der Gipfel war mit *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra arenaria* bewachsen. Auf dem Südabhange standen *Rosa Pimpinellifolia, Salix repens, Corynephorus canescens, Koehleria cristata albescens, Ammophila* usw. Auf dem Nordabhang dagegen war der Boden mit Lichenen bedeckt; dort wuchsen *Ammophila arenaria, Cerastium arvense,* viel *Salix repens, Hippophae rhamnoides* usw. Diese floristischen Angaben sind aber nicht charakteristisch, da dieser Gipfel im vorigen Jahre noch „lebendig" war, indem es dort eine Windmulde gab, welche vergraben wurde. Dabei waren alle *Salix, Rosa* und *Hippophae* soviel wie möglich geschont, und war Helm angepflanzt worden, während ringsum eine Bedeckung mit Plaggen aus der Lichenendecke der grauen Düne gelegt wurde. Der Helm wuchs überall gut, am besten am Südabhang, wo die Lichenendecke ganz ausgetrocknet und vom Winde und Regen fortgeführt worden war. Hier siedelte sich auch das Gras der neuen Sande: *Festuca rubra arenaria* an, mit *Corynephorus* und *Koehleria* usw., und zwischen diesen habe ich die Temperaturen aufgenommen. Unter und zwischen den Büschlein von *Rosa* und *Salix* wären selbstverständlich die Temperaturen durch den Schatten und den Windschutz ganz andere gewesen. Am Nordabhang aber lag das Thermometer zwischen *Cerastium* und *Viola tricolor*.

Am Morgen um 8 Uhr zeigte der Nordabhang die niedrigsten Temperaturen, der Südabhang die höchsten. Ihre Kurven (Fig. 7) hatten einen allmählich steigenden Verlauf, bis der um $11\,^1/_4$ Uhr kräftiger werdende Wind am Südabhang ein Herabfallen der Temperatur von 5^0 C bis $11^3/_4$ Uhr hervorrief. Nach

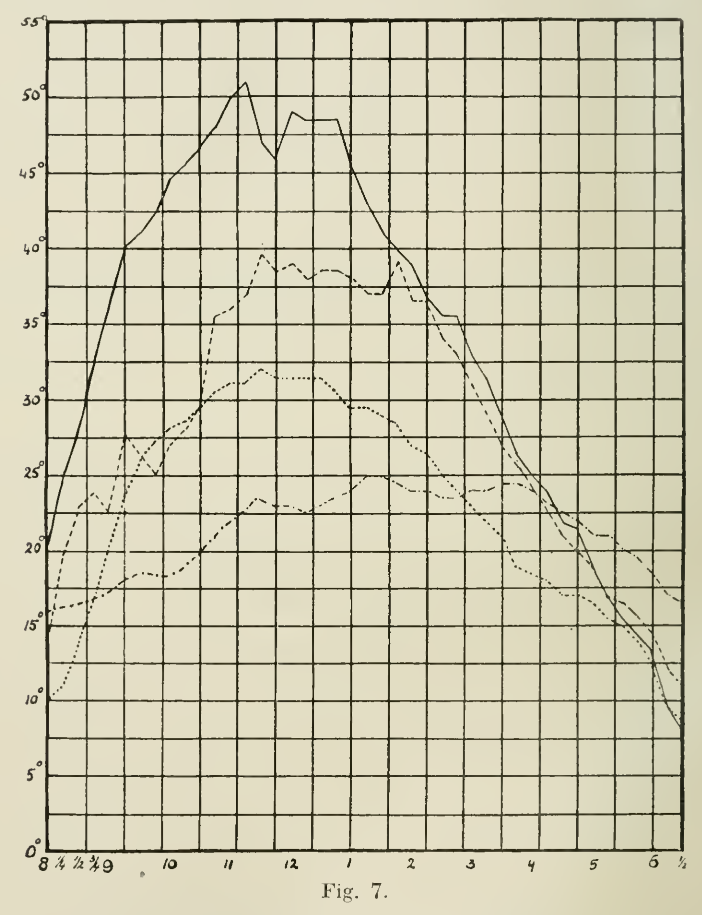


Fig. 7.

Die Temperatur in den Dünen am 11. September 1911.

———— Am Süd-Abhang. ·········· Am Nord-Abhang. - - - - - - - - - Am Gipfel.
-·-·-·-·-·- Temperatur der Luft.

dieser Zeit zeigte sich wieder eine Zunahme bis 12 Uhr; dann blieb die Temperatur ungefähr dieselbe bis $12^3/_4$ Uhr, um nachher sehr regelmäßig abzunehmen; dieses ging am Südabhang am schnellsten vor sich und so erreichte dieser um $6^1/_2$ Uhr nachmittags die niedrigste Temperatur. Der Nordabhang zeigte einen viel ruhigeren Verlauf; er entbehrte eben auch der Sonnenbestrahlung und der Südostwind machte sich auf ihm nur wenig geltend. Am meisten war der Gipfel dem Einfluß des Windes unterworfen. Seine Kurve zeigt denn auch einen sehr unregelmäßigen Verlauf bis

Tabelle

Zu dem Diagramm Fig. 8 auf S. 364.

Datum	Witterungsverhältnisse			Maximum			Sonnenuntergang			Datum	Minimum			Witterungsverhältnisse		
1910	Sonne	Regen	Wind	Lufttemp. auf 1,50 m	Sand	Gras	Lufttemp. auf 1,50 m	Sand	Gras	1910	Lufttemp. auf 1,50 m	Sand	Gras	Sonne	Regen	Wind
9. 9.	—+	+	NW	19½	27	31	13½	14	14	10. 9.	10½	11½	6½			
10. 9.	—	—	NW	18	22	24	13	13	15	11. 9.	9½	9	7			
11. 9.	—+	—	NW	18	24½	30	10½	11	10	12. 9.	6½	6	2½			
12. 9.	—+	+	NW	17	23½	26½	11½	11	11	13. 9.	6	5½	3	—	+	NW—NO
14. 9.	—+	—	ONO	16½	20½	31	12	13	14	15. 9.	10	9½	9¾	—+	—	O
17. 9	—+	—	O	17½	24	31½	12	12	12½	18. 9.	8	7½	4½	—+	—	SO
19. 9.	—+	+	SW	17	26	30	12	12	11½	20. 9.	7	5¾	4½			
20. 9.	—+	+	N	15	25	27	8	7½	7	21. 9.	4¾	4½	½			
21. 9.	—+	+	NW	14½	14½	22	9	9½	9½	22. 9.	1½	2	2			
22. 9.	—+	+	NW	17	21½	30	11	11½	12	23. 9.	9½	7½	6			
23. 9.	—+	—	NW	17	25	30	11½	11½	13	24. 9.	9½	8½	8½			
24. 9.	—	+	SW	15	18½	22	12	14	14	25. 9.	8	6½	3½			
25. 9.	+	—	NO	17½	30	34	9	9½	7	26. 9.	3½	3	1½	—+	—	NO
27. 9.	—+	—	NO	17	22	26	12	12	12	28. 9.	5½	7	5½	—+	+	SW
29. 9.	—+	+	SO	23½	28½	31½	14	14½	16	30. 9.	13	12½	8½			
30. 9.	—	—	SW	16½	19½	25	9	8½	7½	1. 10	3½	4	½	+	—	
3. 10.	—	+	W	17½	17½	21½	11½	11	11	4. 10.	11	9	9½			
4. 10.	—+	+	W	16	18	24½	12½	12	12½	5. 10.	12	12	12½			
5. 10.	—			16½	22	25	13	14	15½	6. 10.	12	12	13	—	+	

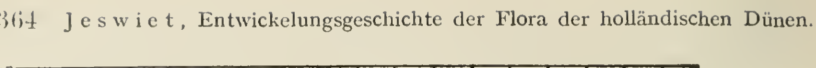


Fig. 8.

Die Temperatur in den Dünen im September.

——— Temperatur des Sandes. .... Temperatur der Grasdecke. - - - - - - - - Temperatur der Luft auf 1,50 m Höhe.

Die drei letzten Zahlen unterhalb des Diagramms deuten die Tage im Oktober 1910 an.

etwa 2 Uhr, wenn Windstille eintrat. Dann schloß sie sich beinahe der Kurve des Südabhanges an. Die Lufttemperatur weist nur eine sehr geringe Schwankung auf. Das Auftreten des Windes um $11^3/_4$ Uhr läßt sich in allen vier Kurven beobachten. Im großen und ganzen lehrt dieses Diagramm, daß die Temperaturen des Nord- und des Südabhanges am Tag sehr weit auseinander liegen, daß der Wind die Bodentemperatur stark beeinflußt und daß alle Temperaturen abends und morgens konvergieren.

Die Luft empfängt ihre Wärme von der durch die Sonne bestrahlten Erde. Wenn am Nachmittag die Strahlen schräg einfallen, wird die Wärmezufuhr geringer, um bei Sonnenuntergang aufzuhören. Am Nachmittag strahlt die Erde stets Wärme aus und bei der verminderten Wärmezufuhr durch die Sonne muß es einen Augenblick geben, in welchem die Temperaturunterschiede von Luft und Erde sich ausgleichen. Für die Dünengegend fand ich aus meinen Beobachtungen, daß dieser Augenblick wenigstens für die Monate Februar, April und September ungefähr mit dem Sonnenuntergang zusammenfällt.

In einem Falle zeigten Luft, nackter Boden und Rasen dieselbe Temperatur. Bei einer anderen Reihe von Beobachtungen waren die Zahlen für die Luft und die bewachsenen Nord- und Südabhänge gleich hoch. Ein anderes Mal zeigten Luft, tote Grasdecke und unbedeckter Boden diesen Ausgleich. Dabei war es merkwürdig, daß diese Erscheinung wenig oder gar nicht von den Witterungsverhältnissen abhängt, wie aus den beigegebenen Tabellen leicht ersichtlich ist. Diesen Zeitpunkt, auf welchem die Temperaturen von Luft, Sand und Rasen untereinander etwa gleich sind, wurde von mir benutzt in einem Diagramm, in das ich auch die Maximaltemperaturen des Tages und die Minimaltemperaturen der darauffolgenden Nacht eintrug. Die Minimaltemperaturen der Nacht sind auf den Daten des vorhergehenden Tages angegeben (Fig. 8). Hieraus ist zu sehen, wie durchaus verschieden diese drei Temperaturen sich verhalten. Den größten Schwankungen ist der Rasen ausgesetzt, denn während der Nacht kühlt er sich am meisten ab und am Tage zeigt er immer die höchsten Maxima. Die Luft weist die kleinsten Schwankungen auf, während ihre Minimaltemperaturen einen fast gleichen Verlauf wie diejenigen des Bodens haben. Die Maximaltemperaturen des Bodens dagegen stimmen im ganzen mit denen des Rasens überein. Die Maximaltemperaturen der Luft schwanken im allgemeinen zwischen $14^1/_2{}^0$ und $19^1/_2{}^0$ C; nur am 29. September 1910 wurde $23^1/_2{}^0$ C beobachtet.

An den 19 aufeinanderfolgenden Tagen waren bei Sonnenuntergang die Temperaturen fast gleich, und die Kurven liegen hier somit dicht aneinander. Wann am Tag die Maxima und Minima erreicht werden, wissen wir nicht, doch geben unsere Beobachtungen zur Beantwortung dieser Fragen wenigstens einen Anhaltspunkt.

Eine zweite Reihe von Beobachtungen habe ich im Diagramm Fig. 9 und in den Ziffern der Tabelle auf S. 366 wiedergegeben.

Datum	Witterungsverhältnisse			Maximum			Sonnenuntergang			Datum	Minimum		
1910	Sonne	Regen	Wind	Temperatur der Luft auf 1,50 m	S. Abh.	N. Abh.	Temperatur der Luft auf 1,50 m	S. Abh.	N. Abh.	1910	Temperatur der Luft auf 1,50 m	S. Abh.	N. Abh.
2. 4.	+	—	NO	12	33	16	8	7	9	3. 4.	—3	—4	—4½
3. 4.	+	—	NO	15	39	17	9½	12½	15	4. 4	+3	2½	1½
4. 4.	— +	+ vor 12 nachts	S	13	19½	11	8	7½	9	5. 4.	2	1½	1½
5. 4	— +	—	SW	15	24	12½	10	10	10	6. 4.	4½	2½	1½
6. 4.	— +	—	NO	14	30	16	7	7	7	7. 4.	5	5½	4
7. 4.	- +	morgens 8^{30}—9^{15} nachts 12^{30}—3	N	12½	21	14	7	7½	6	8. 4.	4½	3½	3½
8. 4.	— +	—	NW	14	22	14½	8	9	8½	9. 4	1	—1½	
9. 4.	—	—	WNW	8	16	12½	4	4	4½	10. 4.	0	—2	—2
10. 4.	— +	—	NW	12	23	17	3	4	3	11. 4.	—2½	—4	0
11. 4.	+	—	S	15	29	18	6	6	6	12. 4.	0	—1½	—1
12. 4.	+	—	SW	15	29	15	12	12	12	13. 4.	8	6½	

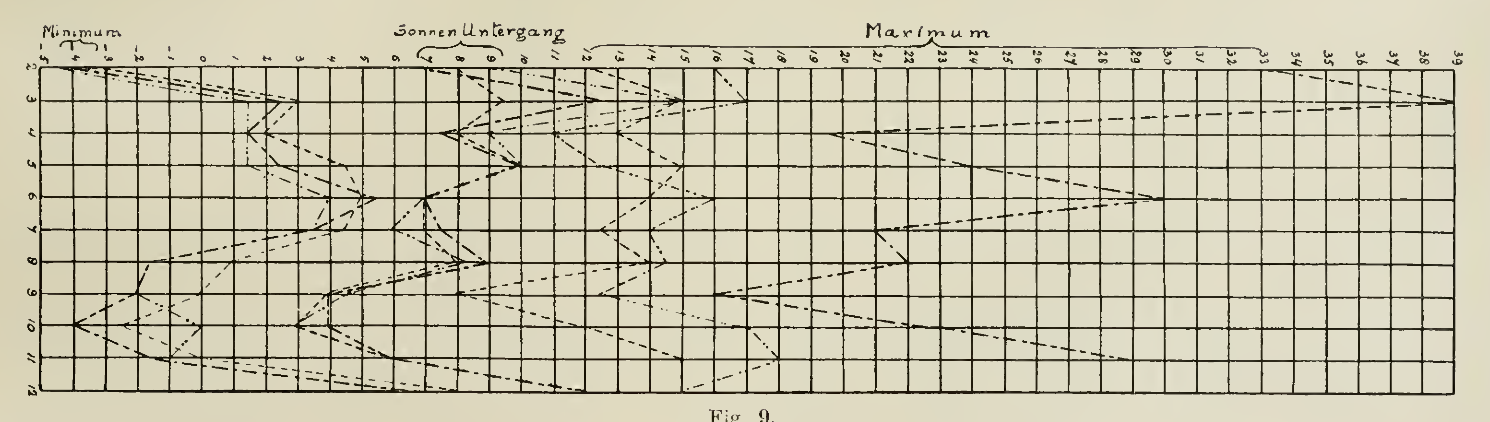


Fig. 9.

Die Temperatur in den Dünen im April.

- - - - - - - - Lufttemperatur auf 1,50 m. - · - · - · - · Temperatur des Südabhanges. - · · - · · - · · Temperatur des Nordabhanges.

Die Zahlen unterhalb des Diagramms deuten die Tage im April an.

Hygrometer	Datum	Beobachtungszeit	Lufttemp. Höhe 1,50 m	Bodentemp. Süd-Abhang zwisch. Helm	Bodentemp. Nord-Abhang zwisch. Helm	Witterungsverhältnisse
	2. 4.	Minimum	−½	+½	−½	Wind NE; helles Wetter; Sonnenschein. *Salix repens* auf den S-Abhängen blühend.
		Maximum	+12	+33	+16	
		Sonnenunterg.	+8	+7	+9	
	3. 4.	Minimum	−3	−4	−4½	Wind NE; nachts viel Tau; morgens Reif, nie unter den Bäumen.
45		9 Uhr	+7	+5	+7	
45		12 Uhr	+15	+36	+15	
52½		6^{30} Sonnenunterg.	+9½	+12½	+15	
		Maximum	+15	+39	+17	
	4. 4.	Minimum	+3	+2½	+1½	Wind S; morgens Regen; Himmel bewölkt, nach 1^{30} Sonne.
60		12 Uhr	+13	+18½	+19	
80		± 6^{30} Sonnenunterg.	+8	+7½	+9	
		Maximum	+13	+19½	+19	
	5. 4.	Minimum	+2	+1½	+1½	Wind SW; nachts Regen; Sonne; Wind kräftig, austrocknend.
40		12 Uhr	+14	+23½	+12½	
55		± 6^{30} Sonnenunterg.	+10	+10	+10	
		Maximum	+15	+24	+12½	
	6. 4.	Minimum	+4½	+2½	+1½	Wind NE kräftig; morgens Nebel, später Sonne.
50		9 Uhr	+11½	+13½	+11	
65		12 Uhr	+13	+22	+12½	
65		± 6^{30} Sonnenunterg.	+7	+7	+7	
		Maximum	+14	+30	+16	
	7. 4.	Minimum	+5	+5½	+4	Wind N; von 8^{30}—9^{15} Regen, dann trocken; Himmel bewölkt; nachts Regen von 12^{30}—3 Uhr.
85		9 Uhr	+6	+6½	+6	
57½		12 Uhr	+10	+15	+12	
75		± 6^{30} Sonnenunterg.	+7	+7½	+6	
		Maximum	+12½	+21	+14	
	8. 4.	Minimum	+4½	+3½	+3½	Wind NW; Boden naß, fest; Himmel bewölkt; Sonne. Viel *Viola tricolor; Saxifraga tridactylites; Cerastium arvense, Cer. semidecandrum* und *Cardamine hirsuta* in voller Blüte; am Abend kein Tau, starker Wind.
82½		9 Uhr	+7½	+7½	+7½	
65		12 Uhr	+11½	+15½	+12½	
75		5 Uhr	+8	+9	+8½	
		Maximum	+14	+22	+14½	
	9. 4.	Minimum	+1	−1½	Blätter und Sand aufgeweht	Wind WNW; kräftig; Himmel bewölkt; Abend ohne Tau.
57½		9 Uhr	+7	+8½		
72½		12 Uhr	+7	+9	+5	
85		± 6^{50} Sonnenunterg.	+4	+4	+4½	
		Maximum	+8	+16	+12½	
	10. 4.	Minimum	0	−2	−2	Wind NW; mäßig; kein Tau; dann und wann Sonnenschein.
45		9 Uhr	+6½	+7	+7	
72½		± 6^{50} Sonnenunterg.	+3	+4	+3	
		Maximum	+12	+23	+17	
	11. 4.	Minimum	−2½	−4	+0	Wind S; kräftig; austrocknend; nach 11 Uhr fast windstill, sonnig; Eis in den Eimern ± ½ cm dick.
35		9 Uhr	+11	+10½	+11	
25		12 Uhr	+15	+25	+13	
55		± 6^{50} Uhr	+6	+6	+6	
		Maximum	+15	+29	+18	
	12. 4.	Minimum	−1½	−1½	−1	Nachts Frost; morgens Wind SW; Himmel klar; am Horizont dunkler Nebel; nach 12 Bewölkung.
47½		9 Uhr	+8	+5	+5	
47		12 Uhr	+13	+15	+13	
67½		± 6^{50} Uhr	+12	+12	+12	
		Maximum	+15	+29	+15	

Hier zeigten vom 2. bis 12. April 1910 bei Sonnenuntergang die Luft in einer Höhe von 1,50 m und die bewachsene Oberfläche eines Südabhanges und eines Nordabhanges ungefähr dieselben Temperaturen. Auch die Minima zeigen einen ähnlichen Verlauf. Bei den Maximaltemperaturen weist der Südabhang die größten Abweichungen auf, während Luft und Nordabhang zusammengehen. Meistens fallen dabei die Maxima nach 12 Uhr mittags; wiederholt fand ich sie jedoch schon vor 12 Uhr, wenn es z. B. nach Mittag regnete oder der Himmel stark bewölkt war. Die Minima fallen nach meiner Erfahrung gewöhnlich gegen Sonnenaufgang, indem dann das Maximum der Ausstrahlung erreicht ist und die neue Wärmezufuhr anfängt. Wechselt jedoch während der Nacht der Wind oder gibt es viel Regen, so wird diese Zeit verschoben.

Weiter stellte sich aus verschiedenen Messungen heraus, daß auf den Gipfeln die Minimaltemperaturen nicht so niedrig sind als in den Tälern, wo die kalte Luft sich sammelt. Sind Teile dieser Täler mit Holz bewachsen, so ist im Sommer ihre Nachttemperatur höher als jene der nicht bewachsenen Teile. Am Tage werden die meisten von Südwest nach Nordost verlaufenden Täler stärker erwärmt als die Gipfel, während der Birken- oder Eichenbestand durch seinen Schatten niedrigere Temperaturen bedingt:

10. September 1910	Gipfel der Düne	Tal an seinem Fuß	Birkenbestand im Tal
Minimaltemperatur	+ 6½	+ 2¾	+ 7
9 Uhr vormittags	+21	+23	+15
11 „ „	+32	+38	+21
12 „ mittags	+37	+52	+32
4 „ nachmittags	+24	+23	+17

Durch die späten Nachtfröste erfriert häufig das junge Eichenlaub in den Tälern, während es auf den Gipfeln unverletzt bleibt. Dieses findet seine Erklärung wohl darin, daß die kalte Luft, welche sich in den Kesseln während der Nacht angesammelt hat, dort hängen bleibt und so die Pflanzen länger beeinflußt. Auf den Gipfeln ist die Luft durch die Sonne schon erwärmt, aber in das Tal dringt die Sonnenwärme erst später vor. Ähnlich verhalten sich die „Frostlöcher" der großen Waldbestände, in denen die kalte Luft hängen bleibt und es fast unmöglich macht, eine solche Stelle neu zu bewalden.

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß der Wind die Bodentemperatur beeinflußt. Erstens führt er stets frische Luft am Boden entlang, zweitens entnimmt er dem Boden das oberflächliche Wasser. Die sorgfältigen Untersuchungen von Kraus (1911) haben dieses bestätigt. Aus dem Diagramm auf S. 362 ist der Einfluß des Windes auf alle Temperaturen gut bemerkbar. Um diesen Einfluß zu kontrollieren, legte ich am Südsüdostabhang von „Ebbingeduin" ein Thermometer zwischen kleinen Kräutern,

eines an ähnlicher Stelle am Nordnordwestabhang und stellte ein drittes auf 1,50 m Höhe auf dem Gipfel auf. Einige der erhaltenen Auskünfte seien hier gegeben.

Am 2. April 1910 war bei Nordostwind:

	SSE-Abhang	NNW-Abhang	Luft 1,50 m
Minimaltemperatur:	$+1/2^0$	$-1/2^0$	$-1/2^0$

An den dem mäßigen Winde offen liegenden Stellen war die Temperatur somit am niedrigsten.

Am 11. April 1910 bei südlichem Winde fand ich dagegen:

	SSE-Abhang	NNW-Abhang	Luft 1,50 m
Minimaltemperatur:	-4^0	0^0	$-2\,1/2^0$

Es war in der Nacht klares Wetter und der Wind konnte den Nordnordwestabhang nicht so beeinflussen wie den Südsüdostabhang. Am Morgen wurde der Wind kräftiger und obwohl es sehr sonnig war, zeigten um 9 Uhr alle Thermometer dieselben Werte. In derselben Folge wie oben fand ich es um 11 Uhr. Nach 11 Uhr legte der Wind sich und wurde der Unterschied zwischen Nord- und Südabhang deutlich; die Maxima waren 29^0, 18^0 und 15^0.

§ 11. Einfluß des Wassers auf die Temperatur des Bodens.

Ramann (1911) sagt: „Der Einfluß des Wassers auf die Bodentemperatur ist sehr groß....., wasserreiche Böden erreichen bei gleicher Wärmezufuhr weniger hohe Temperaturgrade als wasserarme Böden."

Daß das Wasser von so großer Bedeutung ist für die Temperaturen des Dünenbodens, werde ich im folgenden beweisen. Das Wasser der Dünensande Hollands stammt nur von den atmosphärischen Niederschlägen her und wird vom Boden kapillar festgehalten. Aufgespeichert, liefert es das Grundwasser und das hieraus kapillar aufsteigende Wasser hält den Boden in beträchtlicher Höhe feucht (nach Ramann bis etwa 40 cm hoch). Der Grad der Feuchtigkeit hängt von dem Material des Bodens ab und wird sowohl durch seine Porosität bedingt, welche selbst wieder von der Korngröße des Sandes abhängig ist, als durch die Beimischung von Humus oder Feinerde, welche die Porosität stark herabsetzen, während sie die Kapillarität erhöhen. Das Porenvolum der Dünensande ist 35 % (Dubois 1909, Vuyck 1898, Pennink 1904) und die Korngröße liegt im allgemeinen zwischen $1/2$ und $1/4$ mm.

Eine Beimischung von Humus findet auf dichtbewachsenen, wenig exponierten Abhängen und in den Niederungen statt. Am Nordabhang ist sie viel größer als am Südabhang, wo sie durch starke Beleuchtung, Erwärmung, Wassermangel und spärliche Bewachsung fast unterbleibt, während der etwa gebildete Humus durch den Regen mit dem oberflächlichen losen Sande nach unten geschoben wird.

Es gibt also drei Faktoren, welche den Südabhang trockener machen als den Nordabhang: 1. Beleuchtung und Erwärmung durch die Sonne; 2. fast vollständigen Mangel an Humus; 3. spärliche Bewachsung.

Die feuchteren Nordabhänge können infolge ihres Wassergehaltes nicht schnell erwärmt werden, behalten jedoch diese Wärme, wegen der hohen Wärmekapazität des Wassers, lange bei. Die oberflächliche trockene Sandschicht der Südabhänge, welche schnell in Temperatur zunimmt, ist mit Luft gemischt, welche somit die Temperatur des Sandes hat. Hört die Erwärmung durch die Sonne auf, so gibt der Quarzsand bald seine Wärme ab. Die zwischen den Körnern vorhandene Luft ist beweglich, steigt auf und wird durch kältere ersetzt, was die Abkühlung erheblich schneller macht. Die nach Süden exponierten Abhänge werden also größeren Schwankungen ihrer oberflächlichen Temperaturen unterliegen als die nach Norden exponierten.

Ich habe meine Versuche so angestellt, daß ich die oberflächlichen Temperaturen eines bewachsenen Nord- und Südabhanges, welche demselben Dünenrücken angehörten, miteinander verglichen habe. Die Beobachtungsstellen waren beiderseits 3 m vom Kamm gelegen. In der jetzt folgenden Tabelle habe ich neben den Minimis und Maximis der beiden Abhänge auch die Differenzen dieser Zahlen gegeben und diese in zwei nebeneinander stehenden Spalten zusammengebracht.

Datum 1910	NNW-Abhang			SSE-Abhang			Witterung		
	Maximum	Minimum	Differenz	Differenz	Maximum	Minimum	Sonne	Regen	Wind
2. 4.	+16	−2	16½	32½	+33	+½	+	—	NE
3. 4.	+17	−4½	21½	43	+39	−4	+	—	NE
4. 4.	+19	+1½	17½	17	+19½	+2½	+ — nach 1^{30}	+ vor 12 + nachts	S
5. 4.	+12½	+1½	11	22½	+24	+1½	+	—	SW
6. 4.	+16	+1½	14½	27½	+30	+2½	+	—	NE
7. 4.	+14	+4	10	15½	+21	+5½	+ —	morgens 8^{30}—9^{15} 12^{30}—3 nachts	N
8. 4.	+14½	+3½	11	18½	+22	+3½	+ —	—	NW
9. 4.	+12½	—	?	17½	+16	−1½	—	—	WNW
10. 4.	+17	−2	19	25	+23	−2	+ —	—	NW
11. 4.	+18	0	18	33	+29	−4	+	—	S
12. 4.	+15	−1	16	30½	+29	−1½	+	—	SW

Der größte Unterschied am Südsüdostabhang war am 3. April 1910 43° C, am Nordnordwestabhang nur 21½° C. Weiter waren die Unterschiede am Südsüdostabhang fast immer

doppelt so groß wie die am Nordnordwestabhange. Wie stark der Regenfall diese Zahlen beeinflussen kann, geht aus den folgenden Beispielen hervor.

Am 4. April 1910 hatte es am Vormittag geregnet und nach 1,30 Uhr gab es Sonnenschein, abwechselnd mit Bewölkung. Auf der nassen Oberfläche des Südsüdostabhanges war die Einwirkung der öfter bedeckten Sonne fast ohne Bedeutung: beide Abhänge zeigten ungefähr dasselbe Maximum von 17 und $17^1/_2{}^0$ C. Am 5. April 1910 hatte es während der Nacht stark geregnet und zeigten demzufolge beide Abhänge gleiche Minima. Am Morgen früh schien die Sonne aber und wehte ein kräftiger Südwestwind. Beide zusammen trockneten schnell den Sand am exponierten Abhange aus. Demzufolge erreichte dieser ein Maximum von 24^0 C, während der Nordnordwestabhang nur $12^1/_2{}^0$ C zeigte und die Luft ein Maximum von 14^0 C erreichte. Der Nordnordwestabhang blieb nicht nur naß, aber empfing auch durch seine Lage nur wenig Sonnenwärme. Den größten Teil seiner Wärme mußte er der Luft entnehmen.

Ein schlagendes Beispiel lieferte die folgende Beobachtungsreihe, in welcher ich die Temperaturen der Luft in einer Höhe von 1,50 m oberhalb eines Rasens und oberhalb eines nackten Sandbodens, welche nur 4 m voneinander entfernt waren, miteinander verglichen habe. Am 4. Oktober 1910 wehte ein kräftiger Westwind und gab es abwechselnd Sonnenschein und Bewölkung. Um 2,45 Uhr trat mit mildem Regen Windstille ein. Die Zahlen dieses Tages waren:

	Luft 1,50 m	Rasen	Nackter Sandboden
Maximaltemperatur . . .	16^0 C	$24^1/_2{}^0$ C	18^0 C
5^{30} Sonnenuntergang . .	$12^1/_2{}^0$ „	$12^1/_2{}^0$ „	12^0 „
Minimaltemperatur . . .	$12^1/_2{}^0$ „	$12^1/_2{}^0$ „	12^0 „

Die Maxima des Tages lagen somit zwischen 12 Uhr und 2,45 Uhr. Um 5,33 Uhr beim Sonnenuntergang zeigten die drei Thermometer ungefähr dieselbe Temperatur. Der Regen fiel auch abends und während der Nacht. Die Folge war, daß die Minimaltemperaturen dieselben Ziffern ergaben wie beim Sonnenuntergang. Daß auch der Rasen keiner weiteren Abkühlung unterlag, findet wohl seine Erklärung in der mit Wasserdampf gesättigten, fast unbewegten Atmosphäre, welche fast keine Transpiration und damit auch fast keine Abkühlung zuließ.

Fällt der Regen bei Nordwestwind, was sehr selten und meistens nur von kurzer Dauer ist, so übt er nur auf kurze Zeit einen Einfluß aus, weil dieser Niederschlag durch den meist trockenen Nordwest-Luftstrom fast sofort wieder absorbiert wird. Das folgende Beispiel möge diesen Fall näher erläutern.

Am 20. September 1910 wehte ein Nordwestwind und war es bei heller Sonne kalt und sehr trocken; von 8—9 Uhr fiel plötzlich Regen, welcher jedoch durch den kräftigen Wind und den Sonnenschein sofort trocknete. Um 3 und 4 Uhr fielen wieder kurz nacheinander heftige Regengüsse, deren kaltes Wasser die Temperatur stark herabsetzte. Um 5,50 Uhr bei Sonnenuntergang waren die drei Temperaturen annähernd dieselben. Während der Nacht blieb es trocken, wurde der Wind kräftiger und wurden für diese Jahreszeit auffallend niedrige Temperaturen erreicht. Jene des Rasens sank am tiefsten herab, wegen der starken Transpiration, die in der trockenen bewegten Luft vor sich gehen mußte.

	Luft	Sand	Rasen
20. September 1910:			
9 Uhr	11° C	12° C	9½° C
12 „	13½° „	19° „	23° „
5 „	9½° „	10½° „	10° „
5⁵⁰ „	8° „	7½° „	7° „
21. September:			
Minimaltemperatur . . .	4¾° „	4½° „	½° „

Am nächsten Tag, 21. September, blieb der Wind Nordwest, war es trocken und zeigte das Hygrometer um 9 Uhr morgens sogar 27½ %. Es war launisches Wetter mit wiederholten kurzen Regengüssen. Um 3 Uhr nachmittags trat Windstille ein bei starker Sonne. Um 5,45 Uhr bei Sonnenuntergang waren die Temperaturen untereinander ungefähr gleich und um 11 Uhr abends waren die Minimaltemperaturen der vorigen Nacht bei vollem Mondschein und Tau schon erreicht. Die Abkühlung ging weiter und die Minima der Nacht waren außerordentlich niedrig.

	Luft	Sand	Rasen
21. September 1910:			
Minimaltemperatur	4¾° C	4½° C	½° C
9 Uhr	14° „	11° „	19° „
12 „	11½° „	13° „	15° „
Maximaltemperatur	14½° „	14½° „	22° „
5 Uhr	10° „	10½° „	10° „
5⁴⁵ „ Sonnenuntergang .	9° „	9½° „	9½° „
11 „ nachts	5° „	4½° „	½° „
22. September:			
Minimaltemperatur	1½° „	2° „	—2°!! „

Infolge der bis 3 Uhr stark bewegten Luft, der wiederholten Regengüsse und des unterbrochenen Sonnenscheins gehen die Temperaturen über Tag nur sehr wenig auseinander. Im Rasen

fallen sie wieder am tiefsten hinab, indem dieser sogar 2° C Frost aufweist. Wir sehen hier, daß ein Nordwestwind bei klarem Himmel nach Sonnenschein am Tag eine starke Abkühlung, auf dem Rasen selbst Frost hervorruft, während am 4. Oktober, nachdem etwa die gleichen Maxima erreicht waren, bei Westwind und Regen die Minimaltemperaturen sehr hoch waren. Demnach muß der Wassergehalt des Bodens einen sehr großen Einfluß auf die Vegetation ausüben und zusammen mit anderen Faktoren die Verteilung der Pflanzentypen in den Dünen beherrschen. Auf den Dünengipfeln und Abhängen findet man dementsprechend Xerophyten, in den nassen Tälern aber Hygro- und Mesophyten. Auch die verschiedene Bewachsung von Nord- und Südabhang wird vor allem durch das Wasser bestimmt.

Abschnitt IV.

Die Flora der holländischen Dünen.

§ 1. Einfluß der toten Bedeckung auf Boden und Pflanzenwelt.

Der Einfluß einer toten Bodenbedeckung ist in erster Linie abhängig von der Art des deckenden Materials. Je lockerer die Decke, desto größer ist ihr Einfluß. Nach WARMING (1909) wird durch sie 1. die Verdunstung des Bodens stark herabgesetzt, Wasser aufgenommen und die Bodenfeuchtigkeit erhöht; 2. die direkte Bestrahlung durch die Sonne erheblich geschwächt und 3. werden die Temperaturschwankungen des bedeckten Bodens kleiner.

Als Material solcher toten Decken kommen in den Dünen in Betracht: Schnee, Blätter, Gras und Sand. Den ersteren kann ich hier außer Betracht lassen, weil er im Westen der Niederlande sehr selten ist und meist nur kurze Zeit liegen bleibt. Höchstens bricht er die Stämme oder Äste der durch sein Gewicht hinabgebogenen Kiefern und Birken. Viel wichtiger ist die Blattdecke. Diese findet sich nur in den Dünenkesseln, dort, wo sich ein Eichen- oder ein Birkenbestand entwickelt hat. Ihr Einfluß ist aber in dem Birkengehölz ein ganz anderer als im Eichengehölz. Die Birkenblätter sind sehr zart und zerfallen demgemäß schnell. Die groben Eichenblätter dagegen bleiben sehr lange am Boden liegen, oft auch noch während des nächsten Sommers. Demzufolge häuft sich hier eine dicke lockere Blätterschicht an, während das Licht meistens stark herabgesetzt, die Temperatur dadurch niedrig und die Zersetzung träge ist. Denn die Sonne dringt fast nicht hinein und gleichfalls erreicht der Niederschlag im Sommer der dichten Belaubung wegen fast nie den Boden.

Bei den Birkenbeständen verhält sich die Sache ganz anders. Sie sind immer locker, denn das Laub ist nicht dicht und die Blätterdecke ist nur dünn und von kurzer Dauer. Die Lichtmenge ist eine viel größere, denn die Sonne scheint überall hinein und bestrahlt den Boden, während auch der Regen freien Zutritt hat. Es findet dadurch eine reichliche Humusbildung statt und die

Zahl der den Boden bedeckenden Pflanzen ist groß, was bei den Eichenbeständen nicht der Fall ist. Diese sind wenigstens im Innern sehr arm an Pflanzen. Sobald in den Dünenkesseln so viele Bäume anwesend sind, daß sich eine solche Blattdecke bilden kann, werden die herrschenden Bedingungen durchaus verschieden von denen der eigentlichen Dünen. Es gibt Humus, Schatten, Windschutz usw. Ich habe aber über den Einfluß dieser Decke keine weiteren Untersuchungen gemacht.

Von größerem Interesse ist die Grasdecke, welche im Winter und auch in heißen Sommern auf den bewachsenen Abhängen der Grasdünen und in den trockenen Tälern zu finden ist. Sie besteht aus abgestorbenen Stengeln und Blättern von Arten von *Agropyrum* und *Triticum*, von *Avena flavescens* und *Festuca rubra arenaria*, in großen Mengen aber aus *Calamagrostis Epigeios*. Die Temperatur einer solchen Decke habe ich mit der des unterliegenden Bodens und mit der Lufttemperatur in 1,50 m Höhe verglichen.

In dieser Tabelle (S. 376) habe ich neben jenen Zahlen auch die Witterungsverhältnisse und die Hygrometerzahlen für die Luftschicht am Boden gegeben. Während der Beobachtungszeit gab es Regen, Sonne, Schnee, Sturm, Frost und sehr verschiedene Windrichtungen. Das Hygrometer zeigte fast jeden Tag hohe Werte am Morgen und am Abend, am Mittag dagegen niedrigere. Dieses beweist, daß das Sättigungsdefizit der Luft am Tag am größten, nachts dagegen am kleinsten war. Am 18. Februar hatte es während der Nacht geregnet und gelangte bei Südwestwind durch die Sonnenbestrahlung eine genügende Menge Wasserdampf in die Luft. Das Hygrometer gab bei voller Sonne 85 %. Weiter fand ich, daß der unterliegende Boden die kleinsten Temperaturschwankungen aufwies. Es bewegte sich ihre Temperatur zwischen 0° und 8° C. Diese Ziffern nähern sich denen der Luft, welche jedoch etwas tiefer sinken und zwischen —2° und + 8° C schwanken.

Die Oberfläche der Decke und diejenige des nackten Bodens zeigen viel größere Differenzen; die erstere zeigte am 12. Februar als niedrigste Temperatur — 6° C, als höchste wahrgenommene + 12° C, während die Zahlen des nackten Bodens bezw. — $7^1/_2$° C und + 16° C waren. Letztere Werte schwankten also am stärksten, weniger jene für die Grasdecke, erheblich weniger jene für die atmosphärische Luft, am wenigsten die des bedeckten Bodens. Die Größe der Differenzen ist bezw.: $23^1/_2$°, 18°, 10° und 8° C. Während der Zeit vom 9. bis 14. Februar 1910 konnte ich diese vier Temperaturen miteinander vergleichen und notierte für den nackten Sandboden 4 mal, für die Grasdecke 3 mal, für die Luft 1 mal und für den bedeckten Boden kein einziges Mal Frostziffern.

Sehr schön tritt in diesen Ziffern die schützende Funktion der Decke zutage. Am 12. Februar um 1,30 Uhr nachmittags zeigten Luft und bedeckter Boden eine gleiche Temperatur von + 8° C, während die Decke + 12°, der nackte Boden + 16° aufwiesen. Um 5 Uhr beim Sonnenuntergang waren alle Tem-

Datum	Zeit der Aufnahme	Lufttemp 1,50 m	Grasdecke Oberfläche	Bedeckter Boden	Hygrometer am Boden	Sonne	Regen	Wind	Nackter Boden	
9. 2.	8^{30} Uhr	+4	+3	+1	79	—	—	NNW	+2½	
	12 „	+7	+11	+4½	54	—	—	—	+12	
10. 2.	8^{30} „	+1	+1½	+1	82½	—	—	—	+2	
	12 „	+8	+10½	+5	55	—	—	—	+12	
11. 2.	Minimum	0	−3	+1	—	+(1^{30})	feuchter Schnee	SO	−4	
	9 Uhr	0	0	+1	90	—		Sturm	0	
12. 2.	Minimum	+1	+½	+2	—	—	—	SO	−1	
	10 Uhr	+8	+10	+6	50	—	—	„	+12	
	1^{30} „	+8	+12	+8	60	+	—	„	+16	
	5 „	+5	+4	+5	90	—	—	„	+4½	Sonnenuntergang.
	5^{30} „	+2	0	+4	80	klar	—	„	+1	
	11 „	+1	−5	+3	—	klar	—	„	−5	
13. 2.	Minimum	−2	−6	+1	—	—	—	„	−7½	
	9^{30} Uhr	+5	+2	+1½	80	—	—	„	+4	
	1^{30} „	+5	+6	+5	65	+	—	„	+8	
	5 „	+4½	+4	+4	78	klar	—	„	+4	Sonnenuntergang.
14. 2.	Minimum	−2	−3	0	—	—	—	„		
	8^{30} Uhr	0	+1	0	70	Sonne	—	„		
	12 „	+5	+9½	+3	48	±	—	„		
	4^{30} „	+3	+2	+2	65	—	—	„		
15. 2.	Minimum	0	−3	+1	—	—	Schnee	„		Von morgens 7 Uhr Schnee mit vielem Wind. Von 12—2^{30} Regen, dann Sonne und Windstille.
	8 Uhr	0	0	+1	90	—	Regen	„		
	4^{30} „	+3	+3	+3	90	+	—	„		
16. 2.	Minimum	0	−1	+1	—	—	+	W		
	8^{30} Uhr	+5	+2½	+2	60	+	—	„		
	12 „	+9½	+12	+5	54	+	—	„		
	4 „	+4	+2½	+4	80	—	+	„		
17. 2.	Minimum	—	+1	+3	—	—	—	SW		
	8 Uhr	—	+7	+5	80	—	+	Sturm		
	4 „	—	+8	+7	75	—	—	„		
18. 2.	Minimum	—	+6½	+6	—	—	+	SW		
	9 Uhr	—	+9	+8	80	—	—	„		
	2^{30} „	—	+8½	+8½	85	+	—	„		
	6 „	—	+6½	+7½	85	—	—	„		

peraturen fast gleich + 5° C; die Grasdecke zeigte aber die niedrigste. Um 5,30 Uhr abends sanken alle sehr schnell und war die Decke schon 0° C, während der bedeckte Boden noch + 4° zeigte. Nachts 11 Uhr war der nackte Sand schon bis — 5°, die Decke bis — 5° und die Luft bis + 1° hinabgesunken; der unterliegende Boden zeigte + 3°. Die Minimaltemperaturen der Nacht waren: Nackter Boden — $7^1/_2$°, Grasdecke — 6°, Luft — 2° und bedeckter Boden + 1° C. Die Schwankungen seit Sonnenuntergang waren 12°, 10°, 7° und 4° C.

Unter der Grasdecke fanden sich allerhand Rosettenpflanzen, denen dieser Schutz zugute kam.

Nur starke oder langedauernde Regengüsse können durch diese Decke hindurchdringen und bis zum Boden gelangen. Kleinere Mengen dagegen müssen rasch verdunsten, weil sie auf einer großen Oberfläche ausgebreitet werden.

In dem Sommer von 1911 waren viele Gräser vertrocknet. Ihr abgestorbenes Laub bildete für den Boden einen Schutz gegen die direkte Bestrahlung und Erwärmung. Schon mit der Hand konnte ich einen großen Unterschied in den Temperaturen zwischen dem beschatteten und dem unbedeckten Boden bemerken. Auch der Wind hatte nur einen geringen Einfluß. Aber weil in diesem Jahre die Austrocknung so besonders groß war, lieferten die von mir angestellten vergleichenden Untersuchungen über den Wassergehalt des Bodens keine Resultate.

Daß der Boden unter der Bedeckung feucht bleibt, gilt nicht nur im Winter. Wenn im Sommer auf den Kulturfeldern in den Dünen Bohnenstroh oder Unkraut auf Haufen gebracht wird, ist die Oberfläche der Felder meistens staubtrocken. Solche Haufen halten aber die Verdunstung des Bodens zurück und unter ihnen kann das kapillar aufsteigende Grundwasser den Sand wieder befeuchten. Man sieht dieses, wenn der Haufen entfernt wird, denn dann ist die Oberfläche des unterliegenden Sandes in der Regel naß. Auch wenn Sand von Winden transportiert und angehäuft wird, findet dasselbe statt. Meistens ist der verwehte Sand trocken; aber wenn er einige Zeit liegen bleibt, wird er durch das kapillar aufsteigende Wasser ganz durchfeuchtet und bildet in hydrologischer Hinsicht ein Ganzes mit dem unterliegenden Boden. Am schönsten ist dieses auf dem Strande zu beobachten, wo der frische Sand, welcher zu neuen Dünchen angehäuft wird, noch nicht mit Feinerde vermischt ist. REINKE (1903) hat schon darauf hingewiesen, daß der Strand für die Bildung solcher Dünchen feucht sein muß.

Wie der überschüttete Sand als Wasserspeicherer einzelne Komponenten der bestehenden Flora begünstigt, habe ich einige Male wahrnehmen können. So z. B., als ich am 15. Juli 1911 ein großes *Pteridietum aquilini* in der Nähe von Paardekerkhof bei Noordwykerhout besuchte. Dieses hatte sich auf einem fast ebenen Boden in den alten, kalkarmen Dünen angesiedelt. Der Adlerfarn, *Pteridium aquilinum,* ist als kalkfliehende Pflanze bekannt (BRAUN 1911) und war mir gar häufig als Anzeichen

der alten kalkfreien Dünenlandschaft von großem Werte. In diesem Pteridietum hatten sich der Mangel an Regen und die große Wärme in dieser Pflanzendecke kenntlich gemacht. Wo an der Grenze nur wenige Farne in lockerem Verband standen, waren sie klein geblieben (30—50 cm hoch) und ihre unteren Wedel zeigten verbrannte Ränder, während die oberen sich nicht entwickelt hatten. Der Dünenboden war hier staubtrocken.

Wo der Bestand ein dichter war, waren die Blätter gut entwickelt und die Pflanzen 1 m hoch. Hier hatten sie nicht nur einander geschützt, sondern es war der Boden mit einer 10 cm dicken Farnlaubschicht bedeckt, welche seine Verdunstung jedenfalls stark vermindert hatte. Die Rhizome des Adlerfarns liegen hier 1 m tief und viele Exemplare hatten erst nach den Regengüssen des Juni ausgetrieben. Im Schutz der älteren hatten diese sich schön entwickelt und sie nahmen sich als hellgrüne Flecken im dunklen, einfarbigen Laub aus. Diese Ebene wurde von Westen her von frischem, kalkhaltigem Sand (mit 3,25 % $CaCO_3$) überschüttet und überall, wo dieses der Fall war, hatten die Farne, ohne irgendwelchen Schutz von anderen Pflanzen, sich stark, bis 2 m hoch, entwickelt und waren ihre Blätter freudiggrün und völlig entfaltet. Offenbar wirkte hier der überschüttete Sand wie eine schützende Decke. Unmittelbar daneben waren die Pteridiumpflanzen von dem kalkliebenden Sanddorn, *Hippophae rhamnoides*, geschützt und wuchsen sie bis 3 m hoch auf, eine Höhe, welche sie sonst nur im dichten Gestrüpp in der Nähe des Wassers erreichen, wie z. B. in Bentveld und in Keukenhof bei Lisse. Somit bietet hier der aufgeschüttete Sand den Pflanzen dieselben Vorteile wie eine reichliche Zufuhr von Wasser.

Von den im Pteridietum wachsenden Pflanzen war *Pteridium* selbst die einzige, welche die Überschüttung ertragen konnte. Seine Rhizome wachsen aber, soweit ich das untersuchen konnte, nicht mit dem überschütteten Sand empor, sondern bleiben in der kalkfreien unteren Sandschicht. Dementsprechend entwickeln die überschütteten Pflanzen sich später als die übrigen. Aus diesem Beispiel ist deutlich zu sehen, wie gering der Gehalt an Kalk ist, welcher das Kohlensäure enthaltende Regenwasser aus dem Dünensand löst, denn sonst hätte *Pteridium* darauf gewiß reagiert. Jedoch kann es auch sein, daß es nur die physikalischen Verhältnisse waren, welche die Verbreitung des *Pteridiums* veranlaßten. Der Sand der alten Dünen ist durch seinen Gehalt an Feinerde dichter und dadurch viel wasserhaltiger als der frische Sand der neuen Dünen.

Entgegengesetzt wie *Pteridium* verhält sich der Sanddorn. An der holländischen Küste finden wir ihn nur auf den neuen Dünen, aber sobald die Bodenbedeckung an den Abhängen eine dichte wird, verschwindet er, wie auch MASSART (1908) von *Festuca rubra* hervorhebt.

Einen zweiten Fall, in welchem die günstige Wirkung der Überschüttung deutlich zutage trat, beobachtete ich am 8. August 1911 im Dünental Botgat, nördlich von Callantsoog. Dieses Tal

wird im Westen von neuen Dünen begrenzt, welche stets neuen Sand von der Vordüne empfangen und in das Tal hineinwehen lassen. Im Tal gibt es hier und da Pfützen mit *Chara* und mit vielem *Phragmites communis*, welche jedoch nicht blühte, weder in den Pfützen noch sonst in dem Tal. Überall zeigte sich die Verkümmerung durch die Trockenheit. Wo das Schilfrohr am Dünenfuß stand, wuchs es kräftig empor und auf der unteren Hälfte des Abhanges war es sogar in voller Blüte. Neben der schützenden Funktion des Sandes ist hier natürlich auch der höhere Nährstoffgehalt des neuen Sandes in Rechnung zu bringen.

Übersicht der Entwickelung von Pteridium unter verschiedenen Faktoren.

Faktoren	Entwickelung	Höhe m
Lockerer Stand Lichenendecke Trockener Boden 0,20 m tief Starke Verdunstung des Bodens Kein Schutz	verbrannt	0,30—0,50
Dichter Stand 10 cm Blattdecke Etwas feuchter Boden 0,20 m tief Bodenbeschattung, weniger Verdunstung Gegenseitiger Schutz	gut entwickelt	± 1,00
Dichter Stand Sanddecke 0,30 m Feuchter Boden 0,50 m tief Erheblich weniger Verdunstung Gegenseitiger Schutz	besser entwickelt	+ 2,00
Dichter Stand Dickere Sanddecke 0,50 m tief Feuchter Boden 0,70 m tief Verdunstung wie oben Schutz durch Sanddorn und durch gegenseitige Wirkung	besser entwickelt	+ 3,00
Dichter Stand Keine Sanddecke Boden auf dem Grundwasserniveau Schutz durch sich selbst und vom Gestrüpp	wie oben	+ 3,00

Der neue Dünenrücken verläuft hier Südsüdwest bis Nordnordost. Der Ostabhang liegt für die aufwachsenden Pflanzen darum so günstig, weil er die Leeseite der Düne ist und weil er nur während des halben Tages direkt von der Sonne bestrahlt wird. Auch ist die aufliegende Düne ein Wasserspeicherer, der stets Wasser nach den tieferen Teilen abfließen läßt. Es gab denn auch dem Dünenfuß entlang einen 1 m breiten Streifen, wo der Pflanzenwuchs viel kräftiger war als überall sonst im Tal. Hier standen *Mentha aquatica, Galium palustre, Samolus Valerandi* in sehr stark entwickelten Exemplaren, während die ganze Ebene nur Zwergformen der letzteren Pflanze, und zwar in Tausenden von Exemplaren aufwies und *Galium* und *Mentha* sich in den Pfützen zu dichten Rasen zusammengedrängt hatten.

An nicht exponierten Abhängen tritt das Wasser ziemlich dicht an die Oberfläche und ist es für die Pflanzen leicht zu erreichen, denn es findet fortwährend ein Nachsickern nach unten und auch nach der Seite statt. Daß die Menge dieses sich bewegenden Wassers nicht unbeträchtlich ist, kann man am besten dann beobachten, wenn in einem Dünenprofil eine Bank von gepreßtem Torf liegt. Eine solche ist ja sehr wenig durchlässig und das vom Regen herrührende Wasser sammelt sich auf ihr an und fließt an den tiefsten Stellen ab. So wird z. B. bei Overveen ein Bächlein in den Dünen gebildet, daß unmittelbar über der Torfplatte entspringt und auch sonst ist Ähnliches in manchen Sandgruben zu finden.

§ 2. Änderung des Dünenbodens durch Verwitterung.

Auf locker mit *Triticum* bewachsenen Dünen ist von Humusbildung noch recht wenig zu sehen; erstens weil die junge Düne so kalkreich ist und dadurch der Humus sehr leicht zersetzt wird und zweitens, weil der Boden noch sehr porös ist (30—35 %). Diese Porosität erlaubt dem Sauerstoff einzudringen und die Verwesung des Humus zu vervollständigen. Wenn eventuell Humus an der Oberfläche gebildet wird, beschleunigen auch die Sonnenbestrahlung und die höheren Temperaturen seine Zersetzung, während das Regenwasser den noch unzersetzten Humus nach unten mitführt, wo er in der kalkreichen Umgebung schnell zerfällt. Auch die Beweglichkeit der jungen Düne spielt hier eine wichtige Rolle, weil sie wiederholt von frischem Sand überdeckt wird und ihr eigener verwitterter Sand von Zeit zu Zeit abgetragen wird.

Doch findet nach und nach eine Anreicherung statt, welche das Auftreten von Flechten und Moosen ermöglicht, die mit ihren Rhizoiden den Sand festlegen. Sie leiten die graue Düne ein (Warming 1896, Massart 1908, Reinke 1903 u. a.) und es entsteht ein Ruhezustand, weil der Boden sich „setzt“ und die obere Schicht allmählich dichter wird. Durch diese Bedeckung unterliegt die Düne jetzt nicht mehr so hohen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen und wird dadurch für viele Pflanzen

besser zugänglich. Diese finden auch in dem feuchten Moosteppich ziemlich günstige Keimungsbedingungen.

Die Humusbildung kann nun weiter gehen und die Zersetzung des Rohhumus ist in diesen Dünen noch eine vollständige, weil Kalk und Kali in genügender Menge vorhanden sind, um den Rohhumus ferner zu oxydieren. Wenn dieses Stadium der Ruhe fortdauert, können wir uns denken, daß eine oberflächliche Auslaugung der oberen Bodenschicht eintritt, welche sich zuerst in Kalkarmut äußert. Die Düne wird zur Strauchdüne und der Humus häuft sich mehr und mehr an. Die obere Schicht verdichtet sich stark und es finden sich fast keine Tiere, wie Regenwürmer und Maulwürfe vor, welche sonst die übliche Mischung von Ober- und Untergrund veranlassen. Selbst die feuchten Niederungen haben in ihrem Humus keine Regenwürmer. Bei längerem Anhalten dieses Ruhezustandes und unter günstigen klimatischen Bedingungen, welche eine üppige Flora oder gar eine Bewaldung ermöglichen, wird endlich die Auslaugung soweit gehen, daß fast alle Nährsalze aus der ganzen Schicht über dem Grundwasserniveau verschwinden. Der Kalk hat sich dann im Niveau des Grundwasserspiegels angesammelt, nachdem er in den oberen Schichten des Sandes in den ersten Perioden für die Humuszersetzung gebraucht und später vom CO_2 haltigen Wasser gelöst und mitgeführt worden war. Daher wurden die Muschelschalentrümmer allmählich kleiner, bis sie selbst durch das Sickerwasser nach unten befördert werden konnten.

Wo die nach unten sich bewegende Wassermasse das kapillar aufsteigende Grundwasser begegnet, verringert sich ihre Schnelligkeit dermaßen, daß die kleinen, von der Oberfläche mitgeführten Teilchen abgesetzt werden können. Es verdichtet sich, wie ich schon oben angegeben habe, der Boden in diesem Niveau und später einwandernde gelöste oder mitgeführte Stoffe werden über dieser Schicht festgehalten, wodurch sich der Ortstein ausbildet. Solange das Wasserniveau nicht herabsinkt, bleibt dieser für Wasser ziemlich durchlässig; sobald jedoch Austrocknung eintritt, erhärtet er und es wird eine feste Bank gebildet, welche nachher fast undurchlässig ist. An der Oberfläche der Dünen bilden sich dann Tümpel, welche im Winter Wasser führen, im Sommer aber trocken sind. Dieses rührt daher, daß das Regenwasser im Winter und Herbst nicht abfließen kann, während im Sommer das vorrätige Wasser verdunstet oder von der Vegetation gebraucht wird, ohne daß Zufuhr vom Grundwasser aus erfolgen kann. Diese Erscheinung fand ich nur in den alten Dünen. Liegt in einer Dünengegend über dem Wasserniveau eine Torfbank, so übt diese auf die Wasserverhältnisse denselben Einfluß aus wie der Ortstein.

Mit Hilfe der bisher, sowohl im mineralogischen als im geologischen Abschnitt angeführten Tatsachen, fällt es nicht schwer, die Charaktere des Bodens der beiden Dünenlandschaften festzustellen. Denn wir wissen, daß der Sand für beide dieselbe Herkunft hat. Beide stammen aus der Nordsee deren Boden aus diluvialem Sande besteht, welcher größtenteils vom nordischen

Landeis herrührt, aber mit anderen diluvialen Bodenarten aus dem Gebiete von Rhein und Maas gemischt ist. Wir haben gesehen, daß die mineralogische Zusammensetzung der alten und neuen Sande nur geringe Unterschiede aufweist, und daß ihre Korngröße fast übereinstimmt, obgleich die obere Verwitterungsschicht der alten Düne feinkörniger ist und vom Ortstein bis an die Oberfläche vielen feinen Staub enthält. Die chemische Zusammensetzung des Bodens weicht nur an der Oberfläche ab, nicht in den tieferen Schichten und die Abweichung beschränkt sich fast gänzlich auf den Kalkgehalt.

In den neuen Dünen ist die Verwitterung noch nicht weit fortgeschritten. Sie sind etwa 1000—1500 Jahre alt und dennoch finden wir noch einen hohen Kalkgehalt in ihren oberflächlichen Schichten. Dieses rührt teilweise von der größeren Beweglichkeit der neuen Dünen her, welche durch ihre größere Höhe, ihre größere Porosität und die damit zusammenhängende größere Trockenheit hervorgerufen wird. In den alten Dünen, wo die Verwitterung so energisch tätig war und Jahrhunderte länger dauerte, ist der Kalk ausgelaugt worden und hat sich Ortstein gebildet, während die oberflächliche Schicht feinkörniger geworden ist und Humate sich angehäuft haben. Der feinere Staub und die dunkle Farbe haben die Wärme- und Wasserkapazität stark erhöht. Durch diese letztere Eigenschaft wurde alles Wasser energisch festgehalten und hat in trockenen Zeiten die eigentümliche Nivellierung der alten Dünen stattfinden können, wie wir sie z. B. in Loosduinen, Noordwykerhout und Helder kennen.

Die diluvialen kalkarmen Sande, welche auf dem Lande deponiert wurden, zeigen größere Unterschiede in der Korngröße als unsere Dünensande und dadurch eine kleinere Porosität. Durch nachträgliche Verwitterung ist hier eine Verdichtung der oberen Schicht und eine Auslaugung der tieferen erfolgt, mit Ausbildung von Ortstein und Anhäufung von feinem Material.

Die Sande unserer Heiden stammen aus derselben Zeit und haben dieselbe Herkunft wie die Dünen. Die frischen Dünensande unserer Küste sind jedoch erst vom Meere weiter zerkleinert, ihr Schlamm ist ausgespült worden und Wind und Wellen haben es zu einem Material von sehr gleichmäßiger Korngröße verarbeitet; während Muschelschalen und andere tierische Reste seinen Gehalt an kohlensaurem Kalk erhöht haben. Wenn dieser letztere nun durch Verwitterung ausgelaugt wird und der feine Staub durch die Zerkleinerung der Körner und die Bildung von Humaten zunimmt, wird der Boden, in bezug auf seine physikalischen und chemischen Eigenschaften wieder der oberflächlichen Schicht der Heidesande gleich. Daß auf solchen untereinander gleichen Böden dieselben Pflanzen auftreten, ist nicht zu verwundern.

§ 3. Versuch einer Erklärung der Entstehung der heutigen Flora.

Die oben beschriebenen Klima- und Bodenbedingungen von Niederland finden ihren Ausdruck in der heutigen Flora. Diese wird aber nicht durch ihre Mittelwerte bedingt, sondern durch

ihre Extreme, welche das nicht passende ausgemerzt haben und dieses regelmäßig gelegentlich wiederholen. Stets haben geänderte klimatische Bedingungen aus dem jedesmal vorhandenen Material dasjenige gewählt, was für sie paßte. Diese Auswahl durch Boden und Klima hat DE VRIES (1904) mit der Wirkung eines Siebes verglichen. Bestimmte Elemente der Flora wurden ausgesucht und unter diesen wurde wiederum gewissen Lebensformen die Gelegenheit geboten, sich stärker zu vermehren und die Herrschaft zu erlangen. Deshalb haben wir in einer gegebenen Flora meistens mit einem Rückstand der früheren und mit einem Einwandern neuer Elemente zu tun.

Die Flora von Holland ist ziemlich jung, denn wie im Abschnitt über die Geologie hervorgehoben wurde, ist sie postglazialen Datums. Für die fossile Flora haben wir nicht weiter zurückzugehen als bis zur letzten interglazialen Periode. Niederland besitzt in seinen Hochmooren die schönsten Daten, um über die Geschichte seiner Flora bis auf heute ins Klare zu kommen. Leider hat sich seither niemand palaeobotanisch mit diesen Archiven der Vergangenheit beschäftigt, bis Herr VAN BAREN einen Anfang damit machte. Über die Torfe der Dünengegend ist jedoch bis jetzt noch nicht publiziert worden. Und nur sie allein können uns etwas lehren über die aufeinander folgenden Floren des Dünengebietes.

Die palaeontologischen Funde können uns auch die Wanderung der Arten deutlich machen. SWELLENGREBEL (1905) hat versucht, diese zu skizzieren, ohne jedoch Beweise für seine Behauptungen anzuführen. Mehrere Arten, deren Fossilien in unseren Hochmooren aufgefunden worden sind, sind im Lauf der Zeiten aus der Flora verschwunden, wurden aber später vom Menschen wieder eingeführt, wie *Pinus silvestris* und *Picea alba*, und haben somit ihre heutige Verbreitung dem Menschen zu verdanken.

Aus den geologischen Funden haben wir schließen können, daß seit der Bildung der Nehrung einige trockene und feuchte Perioden miteinander abgewechselt haben. Wie sind die Temperaturverhältnisse dieser Perioden gewesen? Es ist überaus schwierig, oft sogar unmöglich, ohne Kenntnis der Fossilien in dieser Hinsicht etwas Bestimmtes zu sagen. Einige allgemeine Daten lassen sich jedoch hier anführen. So wird angenommen (PENCK 1905, BROCKMANN 1910), daß während der letzten Eiszeit das Klima ein extrem ozeanisches mit vielem Niederschlag war, und daß darauf eine Periode mit geringerem Niederschlag folgte, während welcher sich das Landeis zurückzog. In dieser Zeit müssen die großen Hochmoore im Osten des Landes entstanden sein.

Die „Moorbrücken“, welche im Osten des Landes in den Hochmooren gefunden worden sind, wurden zu einem großen Teil aus Pinusstämmen gemacht. Nun wurde, nach VAN BAREN (1910), dessen Schlüsse mit denen WEBERS übereinstimmen, *Pinus* viel in den unteren Schichten und vor allem in dem Waldtorf angetroffen, während sein Vorkommen viel seltener in dem darauffolgenden *Sphagnum*-Torf ist, weil hier nur Pollenkörner angetroffen wurden. In dem sogenannten Grenztorfe und später fehlen

die Kiefern ganz. Das ist eine trockene Periode gewesen, in der ein Zurückgang der Wälder stattfand und die Fichte einwanderte. Letztere zog sich dann beim Feuchterwerden des Klimas wieder zurück. Daraus können wir schließen, daß die xerotherme Periode, während welcher die Wälder zurückgingen, in historische Zeiten fällt.

Dasselbe gilt, wie wir wissen, von der Bildung der neuen Dünen und der Überschüttung und Verwehung der alten, welche meines Erachtens in einer trockenen Zeit vor sich gingen. Diesen Ereignissen ging eine feuchte Periode mit reichlichem Baumwuchs voran. In den alten überschütteten Tälern fand man beim Graben der Wasserleitungskanäle vielfach große Stämme (VAN EEDEN, STARING 1856). Nach MASSART 1908 war das Haff derzeit mit Heiden und Wäldern bedeckt und bestand die alte Dünenkette noch. Er nennt die folgenden von ihm gefundenen Pflanzen:

Sphagnum div. spec.	*Myrica Gale*
Polytrichum gracile	*Salix repens*
Hypnum cuspidatum	*Betula alba*
Polystichum Thelypteris	*Alnus glutinosa*
Pinus silvestris	*Quercus pedunculata*
Scirpus lacustris	*Calluna vulgaris*.

In Nordfrankreich fand DE BRAY (1873, zitiert von MASSART 1908) Moose, *Juncaceae, Typhaceae, Equisetaceae, Iris*-Samen, *Betula alba, Salix alba, Crataegus monogyna, Corylus Avellana, Buxus sempervirens, Juglans regia, Abies* sp. (?), *Quercus* und *Fraxinus excelsior*. Die von MASSART gefundenen Pflanzen weisen darauf hin, daß sie auf armen Moorböden gewachsen sind.

Durch die Untersuchungen von LORIÉ (1894) wissen wir, daß die Torfe des Haffes am Dünenfuß auskeilen, und also jünger sind als die Dünen. Ob aber die Torfe der östlichen Dünentäler älter oder jünger sind als der Hafftorf, ist noch eine offene Frage. Ich glaube jedoch, daß mit großer Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden kann, daß die schmäleren, nivellierten Täler sich früher mit Torf ausfüllten als das große Haff. In dem ersteren Falle können sie ihre eigene Flora beibehalten haben; im zweiten Falle kann die Hafflora in sie eingewandert sein. Jedenfalls hat ihre Vertorfung in der Ruheperiode der Dünen stark zugenommen. In dem durch die erste Ausbreitung der alten Dünen überschütteten Torfe fand ich: *Betula* spec., *Salix* spec., *Eriophorum, Menyanthes trifoliata, Phragmites communis* und *Carices*. Diese Flora deutet auf eine Moorbildung, wie wir sie jetzt noch im Osten des Landes finden können.

Nach dieser Ausbreitung kam eine sehr feuchte Periode. Die Vegetation aus den Tälern und aus dem Haffe konnte die Dünen erobern. Alle die Baumarten, welche wir jetzt noch an den Dünenabhängen finden: Birke, Weide, Eiche, Erle, bewaldeten damals die Dünen. Gleichzeitig fand eine starke Auslaugung des Bodens und eine Anhäufung von Humus statt. Die Neubildung von Dünen hatte aufgehört und an ihre Stelle war eine Abnahme getreten. Demzufolge gab es damals vielleicht nur

wenige oder keine weißen, oder Gräserdünen. Durch die Auslaugung des Kalkes konnte die schon auf dem Haffe vorkommende *Calluna* in die Dünen einwandern. Somit gab es damals nur Wald und Heide. Hierin findet vielleicht die Tatsache, daß die Römer von den Dünen nichts erwähnen, ihre Erklärung. Es war nur ein Wald mit unebenem Boden da, der durch seinen hohen Wasserstand fast unzugänglich war. Auf diesem armen Boden bildete sich allmählich viel Rohhumus, der dann die Entstehung von Ortstein veranlaßte, wodurch überall Pfützen in den Dünen entstanden, welche durch das aus dem Haffe herrührende *Sphagnum* bevölkert wurden.

Im Rapport der Heidemaatschappy von 1892 wird die Vermutung geäußert, daß die Meeresdünen in der Römerzeit nicht in der sie heute so scharf kennzeichnenden Form bestanden haben können, und auch VAN DER HULL (1838) meinte, daß in dieser Zeit von eigentlichen Dünen keine Rede sein könne.

Die Unebenheiten des Waldbodens waren voneinander durch Moore — höchstwahrscheinlich Hochmoore — getrennt und bildeten die Wohnstätten der germanischen Stämme. Sie machten nur den Eindruck von Hügeln und der Name Düne hatte auch im Keltischen nur diese Bedeutung (VUYCK 1898). Sie ist von den Römern latinisiert worden, wie z. B. in Lugdunum Batavorum (Leiden). Schon hieraus dürfen wir folgern, daß die Hügel damals schon da waren, wenn auch mit einem anderen Kleide als heute[1]).

Ein großer Teil dieser Landschaft ist später vernichtet worden und auch Belgien verlor seine alten Dünen. Vielleicht ist noch ein Rest in dem kalkarmen „Sable à Cardium" anwesend, der in der Form von kleinen Dünen in der Ebene zerstreut liegt, sowie in den „Heetnollen" von Nordholland.

---

[1]) Vergleiche CAESAR: de Bello Gallico III, cap. XXVIII, 2: Continentes silvas ac paludes habebant; Ibid VI, cap. V. 4: Perpetuis paludibus silvisque muniti und In sylvas paludesque confugiunt.

Vergleiche weiter MASSART 1908, p. 183: Lorsque les Légions de César arrivèrent dans le pays des Ménapiens et des Marins, c'est à dire dans ce qui est maintenant la plaine maritime, elles ne rencontrèrent que des b o i s et des m a r a i s. Il ne fut pas facile d'y poursuivre et d'y réduire à l'obéissance les Ménapiens et les Marins............. STRABON nous a laissé quelques renseignements plus circonstanciés „Les Ménapiens habitent de petites îles dans les marais. Ils avaient là dans les pluies, des refuges assurés; mais en temps sec, on les y prenait aisément.

Es waren somit nur Wald und Moor da und darin wohnten auf Inseln (den bewaldeten Dünen) die Menapier. In den nassen Zeiten — Herbst und Winter vielleicht, wenn es viel regnet und wenig verdunstet — waren die tieferen Teile und die Niederungen, wie vor dem Trockenlegen der Dünen, ganz unter Wasser und konnten die Römer die Einwohner nicht fangen. Im Sommer und Spätfrühling dagegen, mit wenig Regen und viel Verdunstung, waren die Menapier bequem zu erreichen.

Etwa um 1860 waltete ein solcher Zustand auch noch in den Dünen von Bentveld bei Zandvoort ob. Es wurden damals dort sehr viele Wasservögel brütend gefunden und man suchte die Eier auf den Dünenhügeln, die aus dem Wasser hinausragten. — Es sind noch viele Einwohner da wie der Arbeiter D. BARNHOORN und der alte Wirt aus der Wirtschaft „de Haringbuis", welche damals durch die Dünen auf Schlittschuhen nach Zandvoort liefen. Heutzutage findet man den geschilderten Zustand noch im „Zwanewater" bei Callantsoog.

In dieser feuchten, warmen Zeit spielte wenigstens im Osten neben Erle, Birke und Pinus, die Eiche die Hauptrolle. Durch Abnahme der Feuchtigkeit wurde dann ein Zugrundegehen der *Sphagneta* eingeleitet. Die Moore deckten sich mit Heide, Wollgras, Lichenen und Renntierflechten. *Picea excelsa* trat auf und die Eichen und Erlen nahmen ab.

Diese trockene Zeit muß ein Herabsinken des Grundwasserstandes und ein Erhärten vieler Ortsteinbänke in den Dünen verursacht haben, demzufolge die Waldbäume sich nicht weiter behaupten konnten. Auch der Mensch half an dieser Vernichtung durch Fällen des Waldes mit. Nur die den physiologisch trockenen Standorten angepaßte Heideflora konnte sich in den im Winter unter Wasser stehenden, im Sommer aber trockenen Pfützen behaupten. Ob die Fichte je unsere Dünengegend erreichte, bleibt eine offene Frage.

Durch diese Entwaldung wurde der Boden stark ausgetrocknet und es begann ein Auswehen der obersten, feinen, staubreichen Schicht. Diese füllte die Niederungen aus und überschüttete stellenweise die Täler, wodurch ein Teil der Flora vernichtet wurde. Einige Pflanzen, wie *Iris Pseudacorus* und *Menyanthes trifoliata* haben sich, wie es scheint, behaupten können. Mit diesem Auswehen der älteren Dünen ging eine Überschüttung durch die jüngeren Hand in Hand. Diese kalkreichen Dünen konnten nun nur wenige Vertreter der alten Dünenflora aufnehmen. Es gibt Pflanzen in der heutigen Flora, welche auf beiden wachsen können, wie: *Achillea millefolium*, *Ammophila arenaria*, *Agrostis vulgaris*, *Arenaria serpyllifolia*, *Carex arenaria*, *Crepis virens*, *Draba verna*, *Erodium cicutarium*, *Galium verum*, *Hieracium Pilosella*, *Hypochoeris radicata*, *Jasione montana*, *Luzula campestris*, *Leontodon autumnalis*, *Myosotis hispida*, *Potentilla reptans*, *Rumex Acetosella*, *Salix repens*, *Sedum acre*, *Vicia angustifolia* usw. Weiter konnte dort, wo die Nehrung mit ihren neuen Dünen sich bei Dünkirchen anlehnte, die Kalkflora von Nordfrankreich einwandern. Dieses geschah im Mittelalter. Die ersten Zeiten großer Abnahme kommen wieder um ± 1100 vor. Ob dieses wieder mit einem Feuchterwerden des Klimas zusammenhing, wissen wir nicht. Wohl wurde die Dünengegend wieder mehr bewaldet, wie aus historischen Berichten hervorgeht. Im Osten trat die Eiche wieder in den Vordergrund, *Picea excelsa*, wanderte zurück (v. Baren 1910). Dann entstand die Zuiderzee und damit verschwand ein großer Teil des Hafftorfes. Die übriggebliebenen Teile wurden von Menschen mittels Deichen geschützt und der Boden in Kultur genommen. Die östlichen Dünenrücken wurden als Wohnstätten, die westlichen fast nur für Jagdzwecke benutzt.

In den schwach hügeligen alten Dünen hatte sich eine Ortsteinschicht ausgebildet, welche wenigstens im Winter stellenweise stehendes Wasser bedingte. Demzufolge war die Temperatur des Bodens eine sehr niedrige. Hier konnte nur die xerophytische Heideflora sich behaupten, aber fast keine Bäume (Warming 1909). So ist die diluviale Flora der holländischen Dünen entstanden. Sie weist nur dort ihre vollständige Entwickelung auf, wo der

Mensch noch wenig eingegriffen hat. So finden wir sie am schönsten ausgeprägt im Swanenwater und bei Bergen, weniger bei Noordwykerhout, Haag und Helder.

Nach obigem können wir uns die Flora der alten Dünen, die sogenannte diluviale Flora allmählich auf natürlichem Wege entstanden denken. Noch heute kann man beobachten, wie die langen Niederungen der neuen Dünen bei Groote Keeten, Callantsoog und Helder durch die Heidevegetation erobert werden. Auf den humusreichen Stellen tritt überall *Erica tetralix* auf.

Hiermit habe ich versucht, den Entwickelungsgang der Flora der niederländischen Dünen zu erklären und die sogenannte „Diluvialflora" vieler Autoren durch Änderung der klimatischen, und vor allem der edaphischen Bedingungen in ihrer natürlichen Entstehung zu begreifen.

Es ist hier nur die Rede von einer Aufeinanderfolge, wie sie an so vielen Orten auch jetzt noch vor sich geht. Der Boden ist immer veränderlich. Jeder Zustand ist die Vorstufe eines folgenden und mit den Bodenverhältnissen wechselt die Flora.

Literatur.

Badon Ghyben, Nota in verband met de voorgenomen putboring naby Amsterdam. (Tydschr. v. h. Kon. Inst. van Ingenieurs 1888—1889.) 's Gravenhage 1889.

Baren, J. van, Zur Frage nach der Entwickelung des postglazialen Klimas in den Niederlanden. (Sonderabdr. aus: Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit; ausgegeben von dem Exekutiv-Komitee des ersten Internationalen Geologen-Kongresses Stockholm 1910.)

Beekman, A. A., Nederland als polderland. Zutphen 1886.

Bemmelen, J. M. van, Verslagen van de Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam. (Wis en Natuurkundige afd. 1909.)

Blink, H. Nederland en zyne bewoners. Amsterdam 1892.

— De duinen van Nederland en de afname van de Nederlandsche kust. (Tydschr. v. d. Nederlandsche Heidemaatsch. 1895.)

Blydenstein, A. J., en Brants, L. R., Rapport der Nederl. Heidemaatsch. aan de Regeering over het beplanten van de Nederl. zeeduinen met bosch. Zwolle 1892.

Bosscha, J., Het Zand-diluvium van Nederland. Leiden 1879.

Braun, G., Entwickelungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandküsten und ihren Dünen. Berlin 1911.

Brockmann-Jerosch, H., Die Änderungen des Klimas seit der letzten Vergletscherung in der Schweiz. (Wissen und Leben 1910.)

Bruyn, H. E. de, Some consideration on the conclusions arrived at in the meeting of June 27, 1903, entitled: Some facts leading to trace out the motion and the origin of the underground water of our sea-provinces. (Verslagen der Koninkl. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam. Juni 1904.)

Bruyn, H. E. de, Schotel, J., Kaptein, H. P., Rapport in zake de watervoorziening van Amsterdam. 1905.

Bruyne, C. de, Contributions à l'étude phytogéographique de la côte maritime belge. (Bulletin de la Soc. roy. belge de Géographie. 1906.)

Candolle, A. P. de, Plantae in Dunis repertae in Hollandico meo itinere. (Handschrift, zitiert von L. Vuyck. 1898.)

— idem aus einer anderen Handschrift 1799. (Flore des dunes, zitiert von L. Vuyck. 1898.)

Delesse, M., Lithologie du Fond des Mers. Paris 1871.

Dubois, E., Some facts leading to trace out the motion and the origin of the underground water of our sea-provinces. (Versl. d. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam. 1903.)

— Over eene veeljaarige schommeling van den grondwaterstand in de Hollandsche duinen. (Versl. d. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam. 1909.)

— Over het ontstaan van vlakten in het duin. (Tydschr. v. h. Kon. Nederl. Aardr. Gen. 2 de Serie dl. XXVI. 1909).

— Over duinvalleyen, den vorm der Nederlandsche kustlyn en het ontstaan van laagveen, in verband met bodembewegingen. (Ibidem 1910. 2 e Serie dl. XXVII).

— De Hollandsche duinen, grondwater en bodemdaling. (Ibid. 2 e Serie dl. XXVIII. 1911.)

— Over den vorm van het grondwatervlak in het duin. (Ibidem 2 e Serie dl. XXVIII. 1911.)

— De Prise d'eau der Haarlemsche Waterleiding. 1909.

Duval Jouve J., Histotaxie des feuilles des Graminées. (Ann. d. Sc. natur Bot. 6 e Serie. Vol. I. 1875.)

Eeden, F. W. van, Onkruid. Botanische wandelingen 2 dln. Haarlem 1886.

— In het hart van Kennemerland. (Album der Natuur. 1890.)

— Van Callantsoog tot Sint Pancras. (Album der Natuur. 1893.)

Evelein, M. A., en Sasse Azn, J., Opgravingen in het Klein-duin te Katwyk-Binnen. (Oudheidkundige mededeelingen van het Ryksmuseum van Oudheden te Leiden. Deel V. 1910.)

Früh, J., Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt. (Jahresber. d. geogr. ethn. Ges. in Zürich. 1901.)

Gerhardt, P., Handbuch des deutschen Dünenbaues. Unter Mitwirkung von J. Abromeit, P. Bock, A. Jentsch. Berlin 1900.

Gevers, D. F., Verhandeling over het toegangbaar maken van de valleyen langs de kust van Holland. (Verhandelingen van de Maatsch. ter bev. van den landbouw te Amsterdam Dl. XVIII. 1826.)

Giltay, E., Anatomische Eigentümlichkeiten in Beziehung auf klimatische Umstände. (Nederl. Kruidk. Archief 2 e Serie No. IV. 1886.)

Girschner, N., Der tönende Sand bei Kolberg. (Petermanns Mitteil. 1859. Heft 3.)

Gräbner, P., Die Heide Norddeutschlands. Leipzig 1901.

— In „Dünenbuch", Pflanzenleben auf den Dünen. Stuttgart 1910.

Hann, J., Atlas der Meteorologie (Berghaus physikalischer Atlas. Abt. III. Gotha 1892).

Herzberg, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Bd. 44. 1901.

Hull, W. v. d., Over den oorsprong en de Geschiedenis der Hollandsche duinen. Haarlem 1838.

Kihlmann, A. O., Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. (Act. Soc. faun. flor. Fenn. VI. 1890.)

Kops, J, Tegenwoordige Staat der duinen in het voormalig gewest Holland. (Eerste deel van het rapport der Commissie van Superintendentie over het onderzoek der duinen van het voormalig gewest Holland. Leiden 1798.)

Le Francq van Berckhey, J, Antwoord op de Prysvraag van de Hollandsche Maatsch. v. Wetensch. te Haarlem omtrent duinbeplanting. (Verh. d. Holl. My van Wetensch. Haarlem XIX, 2, 1774.)

Lehmann, P., Wanderungen und Studien in Deutschlands größten binnenlandischem Dünengebiet. (Jahresber. d. geogr. Gesellsch. in Greifswald. X. 1906.)

Leiningen, W., Graf zu, Bleichsand und Ortstein. (Abh. d. naturh. Ges. Nürnberg. XIX. 1911.)

Lorié, J., Les dunes intérieures et les tourbières basses et les oscillations du sol. (Archives du Museé Teyler. Serie II Tome III. 1890.)

— Binnenduinen en bodembewegingen. (Tydschr. v. h. Kon. Ned. Aardr. Gen. 1893.)

— De stormvloed van December 1894 en het vraagstuk der schelpenvisschery langs onze kust. (Ibid. Serie II Bd. XIV. 1897.)

— De zandonderzoekingen der laatste jaren. (Ibid. Serie II. Bd. XIV. 1897.)

— Rapport in zake de Watervoorziening van Amsterdam. Bylage XV. 1905.

— Beschouwingen over het Nederlandsch Diluvium. (Tydschr. v. h. Kon. Ned. Aardr. Genootschap. 1887.)

— Wat eenige diepe putboringen ons geleerd hebben. (Ibid. 1891.)

Massart, J., Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belqique. (Recueil de l'Institut botanique Léo Errera tome VII. 1908.)

Miller, N. H. J., The amounts of nitrogen as ammonia and as nitric acid and of chlorine in rainwater, collected at Rothamsted. (Journal of Agricultural Science. Vol. I. Part 3. Cambridge 1905.)

Molengraaff, G. A. F., Verslagen der Koninkl. Akad. v. Wetensch. (Wis en Natuurk. Afd. 1909.)

Müller, P. E., Zur Theorie der Ortsteinbildung. (Englers Jahrb. XXVII. Beibl. b 3. 1899.)

Noll, F., Experimentelle Untersuchungen über Windbeschädigung an Pflanzen. (Sitzungsber. der Niederrh. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. 1907.)

Olsson Seffer, P., Relation of soil and Vegetation on sandy sea-shores. (Bot. gazette XXIX. 1909.)

Pareau, A. H., Wat de Haagsche Waterleiding ons leert aangaande den hydrologischen toestand der duinen. den Haag 1911.

Penck, A., Die Entwickelung Europas seit der Tertiärzeit. Résultats scientifiques du Congres international de Botanique de Vienne en 1905. Jena 1906.

Pennink, J. M. K., De Prise d'eau der Amsterdamsche Waterleiding. (Tydschr. v. h. Kon. Inst. v. Ingenieurs. 1903/1904.)

— Over de beweging van het grondwater. (Ibidem 1905.)

Ramaer, J. C., De daling van den bodem van Nederland ten opzichte van den gemiddelden zeewaterspiegel in verband met de waarnemingen betrekkelyk het Amsterdamsch peil. 1907/1908. (Tydschr. v. h. Kon. Inst. v. Ingenieurs.)

Ramann, E., Bodenkunde. Berlin 1911.

Raunkiaer, C., Types biologiques pour la géographie botanique. (Bull. Acad. d. Sci. Danemark. 1905.)
— De Danske Blomsterplanters Naturhistorie: Förste Bind Enkimbladede. Kjöbenhavn 1895—1899.
Reinke, J., Botanisch-geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. (Wissensch. Meeresunt. Neue Folge. Bd. VIII. Ergänzungsheft. Abt. Kiel. Kiel und Leipzig 1903.)
Retgers, J. W., De samenstelling van het duinzand van Nederland. (Verh. v. d. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam. Bd. XXIX. 1891.)
— Über die mineralogische und chemische Zusammensetzung der Dünensande Hollands etc. (Neue Jahrb. für Min., Geol. und Palaeont. Stuttgart. 1895.)
Romyn, G., Tydschr. v. d. Nederl. Heidemaatsch. 1895.
Sachs, J. v., Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. 1865.
Sasse, Azn J., Siehe Evelein und Sasse. 1910.
Schroeder van der Kolk, J. C. L., Eene mogelyke oorzaak der ongelyke vruchtbaarheid in duinen en geestgronden. (Tydschr. d. Heidemaatsch. 1895.)
— De schelpen en de afname onzer kust. (Tydschr. d. Nederl. Heidemaatsch. 1896.)
— Bydrage tot de Karteering onzer zandgronden I en II. Amsterdam 1895—1897.
Solger, F., Studien über norddeutsche Inlanddünen. (Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Bd. XIX. Heft 1. Stuttgart 1910.)
— Geologie der Dünen. Aus „Dünenbuch" (Werden und Wandern der Dünen, Pflanzen- und Tierleben auf den Dünen und Dünenbau von F. Solger; P. Gräbner; J. Thienemann; P. Speiser und F. W. O. Schulze).
Stahl, E., Über den Einfluß des sonnigen und schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. (Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. XVI. 1883.)
— Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. (Bot. Zeitung. Jahrg. 52. Heft VI, VII. 1894.)
Staring, W. C. H., Het dalen van den bodem van Nederland. (Versl. en meded. v. d. Koninkl. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam. 1855.)
— De bodem van Nederland. Haarlem 1856—1860.
— Windvormingen. (Album der Natuur. 1861.)
Swellengrebel, N., Über niederländische Dünenpflanzen. (Beihefte zum bot. Centralbl. Bd. XVIII. 1905.)
Tschirch, A., Über einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane auf Klima und Standort mit spezieller Berücksichtigung des Spaltöffnungsapparates. Linnaea XLIII. 1881.
— Beiträge zu der Anatomie und dem Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. (Pringsh. Jahrb. XIII. 1882.)
Verbeek, Reinier, D., Artesisch duinwater voor Amsterdam en 's Gravenhage. Haarlem 1905.
— Diluviaalwater in onze duinen? de Economist. Jan. en Febr. 1910.
Volkens, G., Zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Standort und anatomischem Bau der Vegetationsorgane. (Jahrb. Kgl. bot. Garten. Berlin III. 1884.)
— Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Berlin 1887.
Vries, Hugo de, Die Mutationstheorie. 1901—1903.
— Plantbreeding. London 1907.

Vries, Hugo de, Een duinwandeling. (Album der Natuur. 1904.)
— De duinen langs het meer van Michigan. (Album der Natuur. 1907.)
— Duinflora. Onze Tuinen. No. 51. 1910.
Vuyck, L., De plantengroei der duinen. Leiden 1898.
Warming, E., P. E. Muller, nicht E. Ramann hat die Entstehung des Ortsteins endeckt. (Englers Jahrb. XXI. Beibl. 53. 1896.)
— Lehrbuch der oekologischen Pflanzengeographie. Deutsche Ausgabe. 2. Auflage. Berlin 1902.
— Dansk Plantevaekst I. Strandvegetation. Kjöbenhavn 1906.
— Dansk Plantevaekst II. Klitterne. Kjöbenhavn 1909.
— Oecology of Plants. Oxford 1909.
Waterschoot van der Gracht, W. A. J. M. v., Jaarverslag der Ryksopsporing van delfstoffen. 1910.
Wiesner, J., Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. (Sitzungsber. der Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem. naturw. Klasse. Bd. 102. 1893.)
— Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java). (Ibidem. Bd. 104. 1895.)
— Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig. 1907.
Wintgens, P., Beitrag zu der Hydrologie von Nordholland. (Diss. aus Freiberg. 1911. Kerkrade.)

Erklärung der Tafeln.

Tafel XIV.

Fig. 1. Karte der Meeresküste von Holland mit Angabe der alten und der neuen Dünen.

„ 2. Geo-hydrologisches Profil der Nordsee bei + MP 70 bis Haarlemermeer bei Heemstede. Nach J. M. K. Pennink, „De Prise d'eau der Amsterdamsche Waterleiding" 1904. Zusammengestellt aus den Profilen 1, 2 und 3 von Tafel XVII. Schw. d. Sch. = Schwierig durchlässige Schichten.

Tafel XV.

Fig. 1. *Koeleria cristata.* Wachstum des unterirdischen Stengels unter dem Einflusse der Überschüttung mit Sand während der Jahre 1908—1911. Vgl. S. 100.

Tafel XVI.

Fig. 1. *Viola canina.* Wachstum des unterirdischen Stengels während der Überschüttung mit Sand in den Jahren 1908—1911.

„ 2. *Melandryum album.* Unterirdischer Stengel mit seinen Verzweigungen.

st = Stengel	hw = Hauptwurzel
st.k = Stengelknospe	wk = Wurzelknospe
h.st = Hauptstengel	w_1 = Seitenwurzel
h.c. = Hypocotyl	w_2 = Seitenwurzel.

Über einige neue Formen von Gomphrena.

Von

Jar. Stuchlík, München.

Mit Tafel XVII.

Die vorliegende Mitteilung enthält einige von den Resultaten, zu welchen ich auf Grund der Untersuchungen des Materials der Herbarien in Paris und London gelang. Es handelt sich um das Material des Herbarium vom Botanischen Institut in Jardin des plantes à Paris, von Natural History Museum in London und zum Teil vom Botanischen Garten in Kew[1]), das ich im Jahre 1911 und 1912 untersucht habe. Die dort gewonnenen Ergebnisse konnte ich später auf einem noch breiteren Material nur bestätigen; aber die vorliegende Mitteilung beschäftigt sich ausschließlich mit dem Material obenerwähnter Herbarien und nimmt Bezug nur auf Exemplare, die ich in Paris und London-Kew gesehen habe.

Weil in dieser Mitteilung nur die neuaufgestellten Formen besprochen werden sollen, beschränke ich mich bloß auf Veröffentlichung betreffender Diagnosen mit kürzesten allgemeineren Bemerkungen und werde nicht das System der *Gomphrena* berücksichtigen, weil sonst auch alte bekannte Arten und Formen erwähnt werden müßten und die Arbeit über Maß ausgedehnt würde. Deshalb schicke ich nur voraus, möglichst wenige allgemeine Erörterungen über die bei *Gomphrena* geltenden Einteilungsprinzipien, über die Schätzung einzelner Merkmale und schließe zu einzelnen besprochenen Formen kurze Angaben über ihre Verwandtschaftsverhältnisse an.

Das wichtigste Bestimmungsmerkmal ist bei *Gomphrena* wie bei fast sämtlichen anderen Gattungen die Beschaffenheit der Blüte oder, präziser ausgedrückt, der morphologische Blütenbau resp. die morphologische Beschaffenheit einzelner Blütenpartien. Unter diesen nimmt die Ausbildung der Staminodien-

[1]) Den betreffenden Herren Direktoren spreche ich auch an dieser Stelle für gütigste Überlassung des Materials und Arbeitsplatzes meinen verbindlichsten Dank aus.

röhre den ersten, die Beschaffenheit des Bracteolenkammes den zweiten und die der Perigonblätter den dritten Rang; die übrigen Bestandteile — Vorblatt, Staubblätter, Fruchtknoten — spielen in der Systematik nur eine untergeordnete Rolle, weil erstens ihre Ausbildung sehr breite Variationsgrenzen aufweist und zweitens durch äußere Einflüsse leicht beeinflußbar ist. Das letzte zeigt sich namentlich bei verschiedensten Graden der Behaarung, sowohl der Blüten als auch der Blätter und der Stengel, die wir an derselben Form konstatieren können und zuweilen sogar an verschiedenen Pflanzen eines engen Fundortes oder endlich an einzelnen Partien eines Exemplares beobachten können. Deshalb gebührt der Behaarung nur ein sehr geringer systematischer Wert und höchstens kann die einwandfrei festgestellte Verschiedenheit der Behaarung nur zur Aufstellung einer geographischen Form Anlaß geben. Das von früheren Autoren sogar zur Aufstellung neuer Spezies dienende Merkmal ist in neuerer Zeit in seinem der Tatsache entsprechenden Wert erkannt und ihm in der Klassifikation einzelner Merkmale die richtige Stelle verschafft; die Irrtümer der älteren Autoren gingen zuweilen so weit, daß die von ihnen aufgestellten Spezies heute mit anderen, schon damals bekannten, resp. von denselben Autoren aufgestellten, vereinigt werden müssen, wie ich schon z. B. bei *G. villosa* Mart., die eigentlich eine *G. perennis* L. ist, gezeigt habe[1]).

Schon größerer systematischer Wert gebührt der Ausbildung des Stengels und namentlich der Blätter. Es mag wohl sein, daß hauptsächlich die Größe dieser Organe stark von den Ernährungsverhältnissen abhängig ist, und daß deshalb eine scharfe Grenze zwischen einzelnen Größenstufen zu ziehen fast unmöglich ist; aber andererseits läßt sich aus dem Vorhandensein einer stets vorkommenden, vom bekannten Typus abweichenden Ausbildung einzelner Organe bei Pflanzen, die auf engerem Gebiet gesammelt wurden, mit gewisser Sicherheit auf das Vorkommen einer konstanten ökologischen Form schließen.

Diese Formen, die man in vier Gruppen einreihen kann und sie als *erecta*, *decumbens*, *grandi-* und *parvifolia* charakterisieren darf, würden wohl bei sämtlichen Arten vorkommen können; daß das fast der Fall ist, zeigt diese Mitteilung und meine früheren Arbeiten über *Gomphrena*.

Auch diesen Merkmalen gebührt aber nur Wert eines Formmerkmals. Früher wurden auch diese überschätzt und für Bestimmung der Arten benutzt, wozu die *G. decumbens* Jacq. das klassischste Beispiel ist; aber jetzt ist man davon weit entfernt, denselben eine so hohe Bedeutung für die Systematik zuzuschreiben und läßt sie höchstens nur dann als Varietätsmerkmal fungieren, wenn die zahlreichen noch konstatierbaren tieferen Stufen des Systems eine Benennung erheischen (wie es z. B. bei *G. decumbens* der Fall war).

---

[1]) Siehe meine Mitteilung „Zur Synonymik der Gattung *Gomphrena* II."; Fedde, Rep. XI (1912), p. 151—162.

Dem Blütenstand als ganzen ist nicht ein großer Wert zuzuschreiben. Es wurde wohl die verbreitetste und bekannteste *Gomphrena*, *G. globosa* L. genannt; aber wie wenig diese Benennung paßt, zeigen die schönsten zylindrischen Blütenstände dieser Art. Und überhaupt: die Jugendformen fast sämtlicher *Gomphrena*-Arten zeigen eine kugelige Gestalt, die älteren eine zylindrische. Wenn wir schon dieses Merkmal systematisch verwenden wollten, würde es uns auch nur dienen können zur Aufstellung einzelner Formen auf Alter der Pflanze sich beziehenden — ein Verfahren, das bisher in der systematischen Botanik nicht verwendet worden war. Daß daneben auch einige Arten konstante Formen von Blütenständen aufweisen, läßt sich wohl denken; und ich werde noch Gelegenheit finden, auf dieselben hinzuweisen.

Und es ist nur die Morphologie der Blüte, die uns einen möglichst sicheren Aufschluß über die Beschaffenheit der Varietäten und Spezies selbst geben kann. Sie ist die einzige Möglichkeit, an welche wir uns stützen können, weil die Bearbeitung eines Herbarmaterials die anderen, auch die modernsten Methoden der Systematik nicht in Kraft treten läßt.

Wie schon anfangs gesagt, ist die Ausbildung der Staminodienröhre das wichtigste Merkmal; ja, sie ist sogar das Gattungsmerkmal. Denn nur die Ausbildung und die Gestalt des Randes dieser Röhre kann in manchen Fällen die Zugehörigkeit einer Pflanze zur *Gomphrena* oder zur *Iresine* bestimmen. Bei *Gomphrena* ist der freie Teil der Röhre meistens kurz, dreizipfelig, die Zipfel mit mannigfaltig ausgebildetem Rande, bei *Iresine* ist er lang, schmal; jedem Staubblatt entspricht nur ein einfaches streifenförmiges Gebilde, dagegen bei *Gomphrena* die breiten, dreiteiligen Zipfel zu finden sind.

Bei einigen Arten finden wir aber solche Ausbildung der Staminodienröhre, die uns erlauben würde, die betreffende Art sowohl zur *Gomphrena* als auch zur *Iresine* zu rechnen. Ich werde noch Gelegenheit haben, auf solche hinzuweisen, da bemerke ich noch, daß — weil meistens auch die anderen Merkmale keinen eindeutigen Aufschluß über die Zugehörigkeit der Pflanze geben können — es, soweit man nur auf Morphologie angewiesen ist, dem persönlichen Ermessen der Autoren verbleibt, die Pflanze einer der beiden Gattungen zuzuschreiben, ein Zustand, der wohl weit von der angestrebten Objektivität entfernt ist.

Ähnlich wie mit Staminodienröhre [1]) ist es auch mit der Ausbildung des Bracteolenkammes und der Perigonblätter, auf welche im folgenden Text noch mehrmals aufmerksam gemacht wird.

[1]) Daß die Länge der Staminodienröhre nicht eine große Rolle in der Systematik spielen kann, ist schon davon ersichtlich, daß nach der Reife des Pollens sich bei zahlreichen Arten die Röhre verlängert, und eine solche, welche im jugendlichen unreifen Stadium vielleicht die Hälfte des Griffels nicht betragen hat, kann später sogar länger als der ganze Griffel sein. Beweise dafür finden wir oft an einem und demselben Exemplare, zuweilen auch in einem Blütenstande. Die Ausnahme, daß da eine konstant auftretende Zweiförmigkeit vorliegen könnte, ist sehr unwahrscheinlich und wird wohl durch weitere Beobachtungen am lebenden Material ganz abgeschafft.

Es bleibt nur zu sagen, daß die differente Ausbildung eines von diesen Organen noch nicht zum Bestimmen einer Spezies als genügend betrachtet werden kann; es bestehen solche Arten, welche ich auch auf weiteres beibehalten werde, schon deshalb, daß mir manchmal nicht die Gründe, die den Autor, welcher die Pflanze an Ort und Stelle gesehen hat, bewegt hatten, sie als neue Art zu bestimmen, bekannt sind. Wohl aber in manchen Fällen, in welchen ich die Streichung der einen oder anderen ähnlichen Spezies nicht zu unternehmen wagte, wird sie die Zukunft rücksichtslos ausführen.

Und ich muß da hinzufügen, daß die Spezies, Varietäten und Formen, die heute auf morphologischer Basis aufgestellt sind, einmal einer radikalen Reform unterzogen werden, als die Verwandtschaftsstudien sich objektivere Methoden aneignen und überhaupt das Studium der Verwandtschaft durch neuere Befunde vertieft wird. Aber das menschliche Bedürfnis nach einem systematischen Ganzen verlangt befriedigt zu werden, natürlich mit dem besten Mittel, welches die Gegenwart bieten kann. Und nur durch die Befriedigungsbestrebungen läßt sich begreifen, daß so undefinitive „morphologische" Systeme aufgebaut werden, zu welchen auch das System der Gattung *Gomphrena*, von welchem ein kleiner Teil im folgenden veröffentlicht wird, wohl gehört.

G. globosa L.

Neben der *G. decumbens* und *G. perennis* ist die *G. globosa* die umfangreichste Art dieser Gattung, denn die Merkmale, die diese Art charakterisieren, variieren so stark und vereinigen sich in so vielen Kombinationen, daß die Unterbringung sämtlicher Formen unter einen systematischen Begriff ganz unmöglich ist, und dagegen einzelnen Formen ein hoher Grad im System eingeräumt werden muß.

Die gemeine Form von *G. globosa* ist charakterisiert durch einen breiten, tief unregelmäßig gesägten Bracteolenkamm, der drei Viertel bis die ganze Länge des Tragblattes erreichen kann und durch schmale, 1,5—2 mm lange freie Zipfel der Staminodienröhre, an welcher zwei lange zungenförmige, ganzrandige und abgerundete laterale Läppchen und mitunter ein kaum angedeutetes mediales Läppchen zu sehen sind. Die Vor- und Tragblätter und der Perigon sind bei dieser Form gelblich-weiß gefärbt, mit mehr oder weniger breitem roten Saum.

Innerhalb der Variationsgrenzen der Ausbildung des Bracteolenkammes gibt es zahlreiche Abstufungen, die eine kontinuierliche Reihe bilden und deshalb sich nur mit Vorsicht systematisch verwerten lassen, obgleich dieser Ausbildung ein großer systematischer Wert gebührt. Aber dort, wo unser morphologische Befund auch durch die geographischen Angaben an Eindeutigkeit und Bedeutung gewinnt, müssen wir ihn schon systematisch verwenden und die betreffende Form, von der wir mit gewisser Sicherheit annehmen können, daß sie konstant ist, richtig in dem Art-System einreihen.

Eine solche morphologisch-geographische Sippe bilden die afrikanischen Formen der *G. globosa*, von denen die typischsten die von Schlechter in Natal gesammelten Exemplare sind.

Eine solche *G. globosa* sieht habituell fast so aus, wie *G. celosioides*; die Größe der Blätter, zylindrische, weiße Blütenstände, zuweilen reiche Verzweigung, das alles würde unsere Diagnose auf *celosioides* nur bestätigen. Und auch die *G. decumbens* könnte da in Betracht kommen. Von dieser letzten unterscheiden wir sie aber leicht nach der Ausbildung des Bracteolenkammes, der bei *G. decumbens* weitaus breiter und grober gesägt ist. Aber der Unterschied zwischen *G. celosioides* und dieser afrikanischen Form ist bedeutend geringer, denn eigentlich nur die *globosa*-ähnliche Ausbildung des freien Endes der Staminodienröhre und vielleicht etwas abweichende Verfärbung der Perigonblätter kommen da in Betracht. Andere Merkmale, die verschieden sind, stellen nur verschiedene Grade der Ausbildung betreffender Organe und haben nicht großen systematischen Wert (Länge des Pistillum, des Griffels und die Gestalt des Fruchtknotens usw.).

Diese Form, die sowohl zu *G. globosa* als auch zu *G. celosioides* gerechnet werden könnte, reihe ich nur deshalb zur *G. globosa*, weil die *G. celosioides* für ausschließlich südamerikanische Art betrachtet wird, dagegen die *G. globosa* für kosmopolitisch gilt. Auf die Bedeutung der Existenz dieser Form für die Geographie der *G. globosa* resp. der ganzen Gattung selbst, werde ich in einer selbständigen Mitteilung hinweisen; da kann ich nur bemerken, daß es eigentlich im Prinzip eine Sache ganz subjektiver Natur ist, zu welcher existierenden Spezies die Form, von welcher sicher ist, daß sie eine intermediäre Stelle einnimmt, zugereiht wird. Die morphologische Untersuchung kann nur einen unsicheren Aufschluß über die Zugehörigkeit der Sippe geben.

Ich verbleibe auf dem konservativen Standpunkt und bezeichne diese selbständige Form als eine Subspezies der Art *globosa* und benenne sie wegen ihrer geographischen Verbreiterung **ssp. africana** Stuchlík. Die Diagnose der Form wäre folgende:

Flores albi; inflorescentiae cylindricae v. elongato-subglobosae, ad 4 cm longae et 1 cm latae. Bracteolae perigonio paulo longiores, albae, nitidae, dorso in cristulam minutissimam, subserrulatam expansae. Pistillum tubo duplo brevius; stylus brevis, stigmata divaricata.

Folia parva, ad 2,5 cm longa et 1 cm max. lata, petiolata, lanceolata usque subspathulata. Caules ramosi v. ramosissimi.

Von Aufstellung untergeordneter Formen nach der Form der Blätter wurde da Abstand genommen, weil erstens wenig Material vorliegt, und zweitens die Trennung der lanzettlichen und spatelförmigen Blätter nicht so scharf ist wie bei den übrigen Varietäten der *G. globosa*. Ein konsequent durchgeführtes System verlangt es aber, und sicher die späteren Befunde ermöglichen eine solche Einteilung, die bei den übrigen Formen dieser Art schon verwirklicht ist.

Von den Herbarien sind z. B. die Exemplare von Schlechter 6796! in Paris aus Natal und die von J. M. Wood!, H. B. Grant! und P. P. Rust! in Kew aus Natal und Transvaal zu erwähnen, die Exsikkaten von Schlechter gibt es übrigens fast in allen europäischen Herbarien.

Neben dieser Subspezies kommen andere Varietäten dieser Art in Betracht, die analog wie bei *G. decumbens* auf Grund der Blütenfarbe schon von früheren Autoren aufgestellt wurden.

Wenn wir die Form, welche eine normale Blütenverfärbung aufweist (d. i. gelblich-weiße Vor-, Trag- und Perigonblätter mit rotem, mehr oder weniger breitem roten Saum), als **var. genuina** Stuchlík bezeichnen, können wir eine extreme rote Verfärbung mit Moquin (Prodromus von De Candolle, XIII. 1. [1849], p. 409) als var. *carnea* Moq., und eine Pflanze mit reinweißen Blüten als var. *albiflora* Moq. bezeichnen. Eine mittlere Stellung zwischen *carnea* und *genuina*, resp. auch *carnea* und *albiflora* nimmt die **var. aureiflora** Stuchlík ein, die eine goldgelbe Verfärbung der Perigonblätter mit schwacher, roter Beimischung aufweist und meistens bei kultivierten Exemplaren in botanischen Gärten zu finden ist.

Die Diagnosen dieser Farbenvarietäten, bei welchen also die morphologische Ausbildung der Blütenpartien dem Typus vollkommen entspricht, wären folgende:

var. *carnea* Moq.

Flores pallide rosei, carnei usque purpurei. Folia interdum longe petiolata, petiolus ad 2 cm longus.

var. genuina Stuchlík.

Flores ad 1 cm longi, lana copiosa rufescente includi, nitidi. Bractea ovato-triangularis, alba, nervo purpurascente; bracteolae duplo-longiores, basi albidae, apicem versus purpurascentes, dorso cristam latiusculam roseam expansae. Perigonii folia anguste lanceolato-subulata, alba, apice purpurascentia, secus nervum virida. Tubus stamineus perigonium superans, albidus v. purpurascens. — Folia breviter petiolata v. subsessilia.

var. *albiflora* Moq.

Flores subargenteo-albi, nitidi; inflorescentiae globosae v. paulo elongatae usque cylindricae.

var. aureiflora Stuchlík.

Flores aurei, nitidi; bractea et bracteolae aureo-luteae, interdum paulo rosaceae; perigonii folia aurea v. aureo-purpurascentia, nitidula. Inflorescentiae globosae v. subcylindricae.

Zu dieser letzten Varietät gehören meistens, wie schon erwähnt, kultivierte Exemplare. Ob es sich dabei um eine Auslese oder um eine durch Klima usw. bedingte Veränderung handelt, mag dahingestellt bleiben. Daß aber auch in unserem Klima schön rote *G. globosa* wachsen können, zeigen ebenfalls kultivierte Exemplare zur Genüge. Von dem Herbarmaterial wären z. B. zu erwähnen die Exemplare von Hohenacker 17! in Herb.

Paris und Herb. Kew aus Indien (Canara), die noch irrtümlich *G. globosa* **W.** (vielleicht Wight) bezeichnet sind; nach dem Sammler soll die Pflanze von den Einheimischen *Kasi-gonde* genannt werden.

Die drei anderen Varietäten lassen aber noch weitere Einteilung erkennen, nämlich eine nach der Form der Blätter. Es kommen bei allen drei Varietäten Exemplare mit ausgesprochen lanzettlichen und andere mit deutlich spatelförmigen Blättern vor. Diese Formen, die wohl nur Wachstumsformen sind, tragen die Bezeichnung **f. lanceolata** und **f. subspathulata** und sind bei jeder Varietät zu finden. Die gemeinsame Diagnose für alle drei **ff. lanceolatae** Stuchlík ist:

Folia lanceolata v. lanceolato-ovata breve v. sublonge petiolata, suberecta v. patula, margine interdum subundulata.

Und für die **ff. subspathulatae** Stuchlík:

Folia subspathulata, obtusa, ad 2,5 cm lata, petiolus ad 2 cm longus.

Zu der f. *lanceolata* var. *albiflorae* gehören z. B. Exemplare von Oldham 685! aus Nagasaki (Japan) in Herb. Kew, ferner von Hook. fil. aus Madras in Herb. Kew und Herb. Paris u. z. anderen, zum Teil auch kultivierten Pflanzen.

Zu der f. *subspathulata* var. *albiflorae* gehören die Exemplare von Zollinger im Herb. Paris aus Java, die zum Teil Übergangsformen zu der oberen Form darstellen und nicht reinen Typus sind; ebenfalls spatelförmige Blätter kommen an kultivierten Exemplaren vor.

Die gleichbenannten Formen der übriggebliebenen Varietäten lassen sich zum Teil noch weiter einteilen, indem auf die Größe und die Farbe der Blätter Bezug genommen wird. Aber diese Einteilung, die schon sehr subjektiver Natur ist, werde ich vorläufig an diesem Material nicht demonstrieren. Von den erwähnten Herbarien gehören: zu der f. *lanceolata* var. *genuinae* von Savatier aus Japan im Herb. Paris, von Gaudichaud aus Arcocon ebendaselbst, von Zollinger aus Java im Herb. Paris und einige kultivierte Exemplare im Herb. Hist. Nat. Mus.; zu der f. *subspathulata* derselben Varietät ebenfalls kultivierte Exemplare. Von der var. *carnea* gehören zu der f. *lanceolata*; kultivierte Exemplare aus Japan im Herb. Kew, von Neu Guinea im Herb. Kew (Tessmann 206! als einheimischer Name angegeben „ngöng"), Exemplare aus China im Herb. Paris (Leclanchet) u. a.; zu der f. *subspathulata* endlich einige kultivierte Formen, die deutlich den Übergang zur f. *lanceolata* zeigen und nicht ausgesprochen ausgebildet sind.

Durch diese außerordentlich zahlreichen Formen, die auf einer breitgrenzigen Variierung einzelner Merkmale beruhen, steht die *G. globosa* in engerer Verwandtschaft mit vielen anderen Arten der Gattung. So — um mindestens einige zu erwähnen — durch ihren breiten Bracteolenkamm — steht sie einerseits mit der Gruppe *G. Haageana*, *G. coccinea* und *G. tuberifera* in naher Verwandtschaft, andererseits mit *G. decumbens*, je nach der Größe der Blätter und der Blütenstände; und die Verschmälerung des Kammes bei

ssp. *africana* nähert sie der *G. celosioides*. Durch diese wieder, und zum Teil auch durch die *G. decumbens* ist sie an die *G. desertorum* angeknüpft. Ebenfalls sehr nahe liegt die *G. oligocephala*, die eigentlich nur habituell und dann durch die Ausbildung des Pistillum und der lobi laterales der Staminodienröhre sich unterscheidet. Die *G. serrata* und *G. hispida*, die schon etwas entfernter stehen, würden durch die var. *albiflora* sehr eng an die gemeine *Gomphrena* angeschlossen; aber Selbständigkeit kann man ihnen nicht absagen. Ebenfalls als ganz selbständige Art muß die sehr nahe verwandte *G. leucocephala*, die sich der *G. celosioides* anschließt und dadurch in enge Beziehung zu der Subspezies *africana* kommt, angesehen werden. Von weiterstehenden, aber nicht vollständig fremden Arten wären unter anderen noch die *G. Haenkeana* und die *G. Blanchettii* zu nennen.

Im übrigen steht im System der *Gomphrena* die *G. globosa* als eine Stammart einer Untergruppe mit reichlicheren Nachbarbeziehungen, als da angegeben wurde. Aber da diese Mitteilung nicht den Verwandtschaften gewidmet ist, will ich es unterlassen, alle diese hier aufzuzählen und mich damit begnügen, daß ich nur auf einige aufmerksam gemacht habe, namentlich auf solche, deren noch im folgenden erinnert werden soll.

Südamerikanische Gomphrenen.

Außer der erwähnten *G. globosa* und der früher besprochenen *G. decumbens* und *G. perennis* sind die *Gomphrena*-Arten ziemlich arm an Formen. Der Grund dazu liegt hauptsächlich darin, daß sie auch auf geographisch ziemlich beschränktem Gebiet sich befinden, unter gleichem Klima und einigermaßen gleichen Bodenverhältnissen, so daß alle geographischen und ökologischen Bedingungen zur Ausbildung besonderer Formen eigentlich fehlen. Aber auch die Geschichte der Forschung über die Gattung *Gomphrena* gibt uns passende Erklärung dafür.

Es wurden nämlich von früheren Autoren, die sehr verschieden und zuweilen auch unkonsequent einzelne Merkmale geschätzt haben, für artfremde Individuen auch solche gehalten, die nach unseren Ansichten und systematischen Prinzipien zu einer einzigen Spezies gehören müssen. In meiner zitierten Mitteilung habe ich ein charakteristisches Beispiel dafür erwähnt, nämlich die *G. desertorum* (Mart.) Stuchlík. Diese *Gomphrena* umfaßt nach heutiger Anschauung ganze fünf Arten, von denen wohl einigen der Charakter einer Varietät, und das auch nur aus Vorsicht vor möglicher Übertreibung des Zusammenziehens und infolge nicht genug reichen Materials, an welches man sich stützen könnte, zugeschrieben worden ist, eine, *G. fallax* Seub., ganz zum Typus der *G. desertorum* zurückgezogen werden mußte. Ferner z. B. die *G. villosa* Mart. ist nach heutiger Auffassung reine *G. perennis* L., ebenfalls die *G. suffruticosa* Griesebach. — Und diese Beispiele lassen sich noch durch zahlreiche andere, hier nicht zu erörternde, vermehren.

Mit anderen Worten sind die Arten der *Gomphrena* zu klein; sie lassen fast keine Variationsgrenzen zu, sie weisen keine Mittel- und Übergangsformen auf, und überhaupt, sie befinden sich in allen großen Herbarien (von welchen ich außer der hier besprochenen, noch eine ganze Reihe gesehen habe) in äußerst wenigen Exemplaren. Auf Grund des Studiums des Herbarmaterials kann man wohl wagen, die ähnlichsten Arten zusammenzuziehen; aber das Verfahren muß auch mit dem Umstand rechnen, daß der betreffende Aufsteller der neuen Spezies diese selbst in der Natur gesehen hat, und daß er sich wohl überlegen und sich überzeugen konnte, ob eine neue Form da vorliegt oder ob es eine Variation der bekannten sein könnte.

Das Studium der Herbarien kann nicht zum Schlußwort der Systematik dieser Gattung kommen; dasselbe ist einzig und allein dem Studium in der Natur überlassen. Wenn eine Art nur in 2—3 oder sogar einem Exemplare auf der Welt existiert, kann ich wohl über die Beschaffenheit derselben gar nichts sagen; und wenn es sich nicht in allen Beziehungen um eine, mit anderen identische Form handelt, bleibt es nur meinem subjektiven Ermessen übrig, ob ich die Art behalten oder streichen werde.

Ich war bestrebt, sämtliche Formen möglichst zu behalten und sie so einzuteilen und diagnostizieren, damit ihr innerlicher Zusammenhang deutlich zutage treten konnte. Deshalb habe ich auch die größeren Arten noch weiter geteilt, um die speziellen morphologischen Merkmale deutlicher auftreten zu lassen und nur dort, wo es sich augenscheinlich um identische, innerhalb der festgestellten Variationsgrenzen befindende Formen handelte, diese zusammengezogen.

So kam es auch zur Zerteilung kleinerer Spezies, von welchen ich im folgenden einige besprechen möchte.

G. elegans Mart. (Aufgestellt und abgebildet zum erstenmal von Martius in Nov. gen. Bras. II, p. 17, t. 119 [1826].)

Bei dieser Art lassen sich unterscheiden drei Varietäten, von welchen ich in erwähnten Herbarien Exemplare von **var. genuina** Stuchlík gesehen habe. Diese stellt eigentlich den ursprünglichen Typus der *G. elegans* dar und ist nur deshalb aufgestellt worden, damit die Gruppe gegenüber den anderen zwei Varietäten einen zusammenfassenden Namen erhielte. Die Diagnose dieser Varietät wäre folgende:

Caules herbaeci, striati, dichotomo ramosi, subetragoni. Folia breviter petiolata, ovata v. ovato-lanceolata, 2—5 cm longa et 0,5—2 cm lata. Capitula solitaria, hemisphaerico-globosa, ad 8 mm diam. Flores ad 4 mm longi, nitidi, pallide flavescentes. Bractea ovata, dorso villosa; bracteolae ea parum longiores, valde concavae, acristatae. Perigonii folia lanceolata, bracteolis du- v. triplo longiore, villosiuscula, margine et intus alba. Tubus stamineus perigonium fere longitudine; filamentorum pars libera oblongo-quadrilatera; lobus antherifer minutissimus v. manifestus; lobi laterales antheras

paulo superantes, interdum antheris breviores; angusti, ligulati, subaenti, integerrimi. Pistillum tubo paulo brevior, ad 2,5 mm.

Diese Varietät läßt wiederum drei Formen unterscheiden, nach der Beschaffenheit der Blätter; dieselbe gibt überhaupt den Arten dieser Gruppe ein charakteristisches Aussehen und verdient deshalb eine systematische Verwertung. Von diesen drei neuen Formen befinden sich in erwähnten Herbarien die **f. ferruginea** Stuchlík und die **f. genuina** Stuchlík.

Die Diagnose der ersten ist:

Folia supra ferruginea v. fusca, subnuda usque pilosa, subtus tomentosa, pallide virida usque canescentia.

Brasilia (L'Amazone, Poeppig! Herb. Paris).

Die Diagnose der zweiten ist:

Folia supra fusco-virida, sparse villosa, subtus villoso-tomentosa, pallide-virida usque canescentia.

Brasilia (Gaudich.! Herb. Paris; Perey Sladen! Herb. London).

G. mollis Mart. (Aufgestellt und abgebildet von Martius, Nov. gen. II. [1826].)

Bei dieser mit der Gruppe der *G. agrestis* Mart. sehr verwandten Spezies lassen sich in bezug auf die Beschaffenheit der Blätter zwei Formen unterscheiden, die f. *ferrugineo-virida* und f. *nigro-virida.* Beide sind charakterisiert hauptsächlich durch die Farbe bezw. auch durch die Größe der Blätter. Zu erwarten ist, daß neben typischen Fällen auch Übergänge von einer zu der anderen Form existieren, an welchen das eine oder andere Merkmal nicht so charakteristisch zum Vorschein kommt; und auch die bei älteren Individuen auftretende Verholzung, und bei Herbarienexemplaren vorkommendes Eintrocknen können unsere Diagnose etwas unsicher machen. Sonst aber lassen sich beide Formen gut erkennen.

Die **f. ferrugineo-virida** Stuchlík: Folia parva, canescente villosa, supra et subtus ferruginea v. fusco-virida. Pili caulini ferruginei.

Brasilia (Blanchet! Herb. Paris, Herb. Kew).

Die **f. nigro-virida** Stuchlík: Folia magna, canescente villosa, supra nigro-virida, subtus pallide virida.

Brasilia (Riedel! Herb. Paris, Herb. Kew).

G. agrestis Mart. (Aufgestellt und abgebildet von Martius, Nov. gen. II [1826], p. 13, t. 114 und 115.)

Diese Art von *Gomphrena* läßt nur zwei größere Untergruppen unterscheiden: die **var. genuina** Stuchlík mit der typischen, ursprünglich beschriebenen Farbe der Blüten und die **var. viridoflavescens** Stuchlík mit grünlichgelben Blüten. Die Behaarung und die Form der Blätter hat mir Grund gegeben zur weiteren Einteilung, die ich aber da nicht mitteilen werde, weil sich in den erwähnten Herbarien für diese Formen keine Belege befinden.

Es befinden sich da nur Belege für var. *genuina* (aus Brasilien, Riedel, St. Hil. im Herb. Paris), deren Diagnose in bezug auf die Blütenbeschaffenheit lautet:

Flores luteo- v. carneo-albidi, interdum carneo-lutei, rare albidi. Bractea ovata v. triangularis, 4—6 mm longa. Bracteolae ovato-oblongae, dorso angustissime cristatae; cristula denticulata. Perigonii folia lineari lanceolata, pilis rufidulis vestita. Tubus stamineus perigonium subaequans; filamentorum pars libera subquadrata; lobus antherifer elongatus, subulatus v. linearis, interdum parvulus; lobi laterales intermedio duplo longiores, angusti, integerrimi, apice subdivaricati, antherarum apice paulo breviores. Pistillum tubo aequans v. usque duplo brevius; stylus brevis, stigmata longiuscula.

G. scapigera Mart. (Aufgestellt und abgebildet von Martius, Nov. gen. II [1826], p. 14, t. 116 und 117, Fig. 1.)

Diese Art ist ebenfalls mit den Arten der *Agrestis*-Gruppe nahe verwandt und bildet den Übergang von den typischen Vertretern (*G. agrestis*) zu der *G. Sellowiana*, die wieder die ganze Gruppe an die Gruppe der *G. arborescens* L. fil (= *G. officinalis* Mart.) anknüpft. Der Charakter dieser Art als einer Verbindungsspezies äußert sich in erster Reihe in dem Habitus, aber findet auch systematisch wichtigere Begründung in der Ausbildung des Bracteolenkammes.

Innerhalb der Art läßt sich keine weitere Differenzierung erkennen; höchstens könnte man mehr oder weniger behaarte Individuen zu Formen zusammenziehen, aber der Unterschied in der Behaarung ist nicht so ausgesprochen und scharf, daß er diese Trennung zuließe. Meistens läßt sich die verschiedene Stärke des Haarkleids durch das Alter des betreffenden Individuums erklären; auf geographischer oder geologischer Basis scheint es nicht zu beruhen.

Dagegen ist zu erwähnen, daß 23 Jahre später von Pohl aufgestellte und von Moquin publizierte neue Art, *G. lanigera* Pohl ex Moq. DC. Prodr. XIII. 2 (1849), p. 406, eigentlich keine selbständige Art ist und vielmehr eine Form der *G. scapigera* darstellt.

Die Beschaffenheit der Blüte ist bei diesen beiden Arten vollkommen gleich, abgesehen vielleicht von kleinen Differenzen in der Größe, welchen wohl in diesem Falle jede systematische Bedeutung abgesagt werden muß, weil die Differenzen ohne Zweifel noch innerhalb der durch Wachstumseinflüsse bedingten Variationsgrenzen sich befinden. Habituell lassen sie sich unterscheiden nach der Größe der Blätter und des Blütenstandes; aber wegen dieser unkonstanten und so leicht beeinflußbaren Merkmale darf man sie nicht für zwei verschiedene Arten, sondern nur für verschiedene Formen oder höchstens Varietäten (wenn irgendeine Konstanz dieser Größenverhältnisse nachzuweisen ist) halten.

Zur Feststellung, ob da eine Form oder eine Varietät vorliegt, ist nicht genügend Material vorhanden. Ich fasse deshalb — um nicht allzu radikal vorzugehen — die Pohlsche *G. lanigera*

als eine **var. lanigera** (Pohl ex Moq.) Stuchlík der *G. scapigera* Mart. auf und versehe sie mit folgender Diagnose:

Folia radicalia rosulata oblongo-usque ovato-lanceolata, 6—8 cm longa et 1—1,5 cm lata, evidenter petiolata. Capitulum globosum, polyphyllum, ad 3 cm diam. metiens. Flores ad 18 mm max. longi; crista bracteolarum interdum virida.

Brasilia (Goyaz, Glaziou! Herb. Kew; *Minas Geraes*, Gardner! Herb. Kew).

Das Exemplar im Herb. Mus. Hist. Nat. in London ist so kolossal behaart, am Stengel, an Blättern und dem Blütenstande, daß ich es als Repräsentant einer, wohl nur ökologischen Form betrachten möchte, welche ich

f. villosissima Stuchlík nenne, und mit Diagnose: „Caules, folia et inflorescentiae villosissimi; pili breves, adpressi" — versehe.

Wie schon erwähnt, zeigt das Material der *G. scapigera* keine nennenswerten Differenzen, mit Ausnahme der Behaarung. Aber doch möchte ich die mehr behaarten Exemplare (z. B. im Herb. Paris von St. Hilaire aus *Minas Geraes*) von den weniger behaarten oder kahlen Exemplaren (z. B. im Herb. Paris ebenfalls von St. Hil. aus *Minas Geraes*, Brasilien) nicht in Form einer systematischen forma oder subforma voneinander trennen.

Nur zum Vergleich möge da eine entsprechende Partialdiagnose der *G. scapigera* veröffentlicht werden, um den geringen Unterschied von ihrer Varietät *lanigera* zu demonstrieren.

Folia radicalia rosulata, oblongo-lanceolata, ad 8 cm longa et 1 cm lata, basi in petiolem brevem sensim attenuata. Capitula globosa v. globosa-elongata, ad 2,5 cm longa et 1 cm max. lata, duophylla. Flores 1—1,5 cm longi; crista bracteolarum angusta, serrulata.

G. Martiana Gill. ex Moq. in DC. Prodr. XIII. 2 (1849), p. 900.

Als Synonym dieser Art ist der von Griesebach in Goeth. Abh. (1874) aufgestellte *Philoxerus heliotropifolius* Gr. zu betrachten. Ein solches Exemplar befindet sich im Herb. Paris (aus Argentinien, Cordoba, Hieronymus!). Habituell ist auch *Philoxerus* der *G. Boliviana* ähnlich; in einigen Exemplaren ging die Ähnlichkeit so weit, daß sich nur feine Differenzen finden ließen, welche auch systematisch geschätzt werden mußten und deshalb für den Grund der Aufstellung einer selbständigen Varietät dieser Art geführt haben. Das Exemplar in Paris ist aber eins von den typischen.

Weil bei Moquin ganz gute Diagnose publiziert worden ist, verzichte ich hier auf ev. Wiederholung und begnüge mich mit dieser kurzen Bemerkung. Wie die Moquin sche *G. Martiana* so auch der Griesebach sche *Ph. heliotropifolius* zeigen eine Ausbildung der Staminodienröhre, die charakteristisch für die Übergangsexemplare zur Gattung *Iresine* ist; deshalb war auch die Zuschließung dieser Art zur alten Gattung *Philoxerus* ganz berechtigt. Nach heutiger Anschauung gehört sie wohl zur *Gom-*

phrena; aber gegen ihre Zuziehung zur Gattung *Iresine* könnte man nicht viel einwenden, so daß einigermaßen ihre systematische Stellung unsicher ist. Auf die Frage der unsicheren Gomphrenen werde ich speziell noch später eingehen.

Nordamerikanische Gomphrenen.

Von den, namentlich in Mexiko und angrenzenden Gegenden der Vereinigten Staaten Nordamerikas gesammelten Gomphrenen erwähne ich zwei Arten, bei denen ich etwas Bemerkenswertes mitzuteilen habe. Es sind die *G. Sonorae* Torr. und die *G. Meyeniana* Walp.

Die *G. Sonorae* Torr. ähnelt durch ihre aggregaten Blütenstände und mit ihrem Habitus der *G. pumila*; unterscheidet sich aber durch Unterschiede in der Ausbildung einzelner morphologischer Merkmale, auf welche in der folgenden Diagnose aufmerksam gemacht wird.

In erwähnten Herbarien befindet sich unter zwei Namen, nämlich dem richtigen *G. Sonorae* Torr. und dem Namen der *G. dicipiens* (ev. auch *G. decipiens*) Wats.

Diese zweite Benennung fand ich nur an Herbarienexemplaren. Veröffentlicht, wie ich glaube, ist sie nirgends; ich konnte mindestens nirgends nicht nur die Diagnose selbst, sondern auch irgendeinen Hinweis an die vielleicht stattgefundene Veröffentlichung finden. Im Index Kewensis ist sie auch nicht angegeben und wäre eine solche Art von *Gomphrena* literarisch angegeben, sicher würde sie nicht einem der Monographen dieser Gattung, Seubert im Jahre 1875, entgehen, und er würde nicht eine von ihm aufgestellte neue Spezies *G. decipiens* Seub. genannt haben.

Alles das scheint mir genügend zu beweisen, daß der Name *G. dicipiens* Wats. reine Herbarbenennung ist und deshalb bei der Untersuchung über die Gültigkeit des Namens *G. Sonorae* außer Betracht gelassen werden kann.

Wie die unten veröffentlichte Diagnose zeigt, bestehen zwischen den Exemplaren von Torr. und denjenigen von Watson keine artbestimmenden Unterschiede; und diejenigen, die sich konstatieren lassen, genügen nur dazu, daß wir die Watsonschen Exemplare als eine Varietät der *G. Sonorae* auffassen können. Wir finden — auch nicht überall —, daß die Blütenstände bei Watsonschen Exemplaren nicht so zusammengehäuft stehen, die Blüten in der Regel kleiner, das freie Ende des Staubfadenrohres zuweilen kürzer gelappt als dasjenige der typischen *G. Sonorae*.

Das alles, soweit es sich nicht vielleicht auf gewöhnliche Wachstumsvariationen zurückführen ließe, berechtigt uns, die *G. dicipiens* Wats. ex Herb. als eine Varietät der *G. Sonorae* aufzufassen.

Also die gesamte Art läßt sich folgendermaßen diagnostizieren:

G. Sonorae Torr. in Botany of the Mexican Boundary (1858), p. 181.

Radix fibrosa, lignosa, cylindrica, tuberosa, ad 6 mm diam. metiens. Caulis erectus, ad 60 cm longus, virido-purpurascens, interdum caules complueres, erecti, simplices v. subramosi, teretes v. subquadrangulares, glabriusculi v. pilis brevibus sparse vestiti. Folia lanceolata usque subspathulata, subsessilia v. breve petiolata (petiolus ad 7 mm longus), acuminata v. obtusiuscula, mucronata, integerrima, interdum subundulata, pallide virida, subtus canescente sparse pilosiuscula supra villosa; folia floralia 2, capitulo paulo breviora v. longiora pilis longis vestita. Capitula aggregata, rare solitaria, terminalia v. lateralia, sessilia, pyramidata usque elongato subglobosa, ad 1,5 cm longa et 0,8 cm lata, glomerulus ad 2,5 cm longus et 1,5 cm latus. Flores albidi, ad 6 mm longi. Bractea triangulato-ovata, longe acuminata, ad 5 mm longa. Bracteolae paulo longiores, 5—6 mm, subconcavae, acristatae v. nervo medio paulo induratae, acutiusculae. Perigonii folia lanceolata, longe acuminata, alba, rosea, v. aurea apicem versus purpurascentia, ad 6 mm longa, pilis longis, albis v. subferrugineis cincta. Tubus stamineus perigonio subaequans; filamentorum pars libera elongata; lobus antherifer nullus; lobi laterales ligulato-lanceolati, ad 1,5 mm longi, integerrimi, acutiusculi, divaricati, antheras paulo superantes; antherae lineares, 1,5 mm longae, flavae. Pistillum tubo multo brevius; ovarium ovato-turbinatum, 1,5 mm longum; stylus breviusculus, teres; stigmata linearia, brevia, subdivaricata, ad 1,5 mm. Semen oblongum.

Area geographica: Mexiko (Sonora, Lumholtz! Herb. Kew; Arizona, Pringle! Herb. Kew; Guaymas, Palmer! Herb. Kew; Herb. London); California (Lemmon! Herb. London).

Zu der Diagnose muß noch bemerkt werden, daß die Angaben über Dimensionen des Pistill und namentlich der Staminodienröhre nur als eine von zahlreichen Möglichkeiten anzusehen sind. Denn je nach dem individuellen Alter des Exemplars, das wir untersuchen, kann die Staminodienröhre ganz kurz sein, kaum zu dem Teilungspunkt des Griffels reichen, in anderen Fällen wieder (post anthesin) die Röhre bedeutend länger als sogar die Perigonblätter sein. Diese Differenzen, die reine Wachstumserscheinungen sind, kommen auch bei der zu erwähnenden var. *Watsonii* Stuchlík im gleichen Maße vor und könnten wohl, wenn ihre biologische Grundlage nicht bekannt wäre, zu systematischen Fehlschlüssen führen.

Die **var. Watsonii** Stuchlík, der fast in allen Fällen die als *G. dicipiens* (ev. *decipiens*) Wats. bezeichneten Herbarexemplare angehören, hat folgende Diagnose:

Caules simplices v. subramosi. Folia quam in typo manifeste petiolata, ad 6 cm longa; folia floralia duo, capitulo longiora. Capitula solitaria, parva, terminalia v. lateralia, subcylindrica. Flores ad 5 mm longi. Tubus stamineus perigonio interdum brevior, interdum multo longior (post anthesin); lobi laterales quam in typo, v. paulo breviores.

Area geographica: Mexiko (Palmer 27! Herb. London, Herb. Kew).

Ebenfalls mehr nomenklatorische und systematische Bedeutung hat die Erwähnung der zweiten von den zu erwähnenden mexikanischen Gomphrenen, der *G. Meyeniana* Walp.

Zu Ende seiner Diagnose über *G. acaulis* Remy (in DC. Prodr. XIII. 2 [1849], p. 418) sagt Moquin: „An *Gomphrena Meyeniana* Walp.?" Und die *G. Meyeniana* Walp. reiht er nachher in die „Specis incertae et minus notae" ein und versieht sie mit kurzer, unbestimmter Diagnose.

Seine erste Frage war vollkommen berechtigt, denn sowohl die Diagnosen als auch die vorhandenen Exemplare lassen keine Unterschiede wahrnehmen. Wir können vielleicht die deutliche gelbe, gestielte Blütenstaude der *acaulis*-Exemplare gegenüber den *Meyeniana*-Exemplaren als Unterschiedsmerkmal annehmen, aber mit größter Wahrscheinlichkeit handelt es sich um individuelle Differenzen, denn irgendwelche konstantere Art- oder Varietätsmerkmale sind nicht zu finden. Es liegt kein Grund vor, die beiden Arten weiter getrennt zu fassen und wir sind ganz berechtigt, die von Moquin geahnte Identität als sicher existierende anzunehmen und deshalb beide zu einer Art zu vereinigen.

Die Art muß aber heißen *G. Meyeniana* Walp., weil sie von Walpers im Nov. Act. Nat. Cur. 19. Suppl. 1 (**1843**), p. 404 publiziert wurde, dagegen der Name *G. acaulis* Remy vom Autor erst im Jahre **1846** in Ann. sc. nat. III ème sér. t. 6, p. 350 (selbständig in „Analecta Boliviana . . ." **1847**) veröffentlicht worden war.

Die Farbe der Blüte — bei habitueller Gleichheit der Exemplare — läßt innerhalb der Spezies drei farbige Varietäten unterscheiden: var. *albiflora*, var. *genuina* und var. *aureiflora*, mit zahlreichen Übergangsexemplaren. Weil aber die in London und Paris gesehenen Exemplare die typische *G. Meyeniana* (also var. *genuina*) sind, verzichte ich auf Veröffentlichung betreffender Diagnosen und begnüge mich mit oben geschilderten nomenklatorischen Verhältnissen. Die gesehenen Exemplare stammen aus Bolivia von Mandon 1017!; eins von d'Orbigny! in Paris.

Australische Gomphrenen.

Die australischen Gomphrenen bilden eine charakteristische Gruppe innerhalb der Gattung für sich. Sie sind schon habituell von den anderen Gomphrenen verschieden; sie lassen sich als solche schon beim ersten Ansehen erkennen: ihre langen, schmalen, bisweilen sogar nadelförmigen Stengelblätter, ihre strahlenartig angeordneten Blüten des konischen Blütenstandes, der im Längsschnitt wie ein dünner Fächer aussieht, ihre langen Griffel und kurzen Narben, ihre Ausbildung des freien Endes der Staminodienröhre — das alles charakterisiert sie auch morphologisch so ausgesprochen, daß manche von ihnen von verschiedenen Autoren für Repräsentanten verschiedener Untergruppen der Gattung

Gomphrena, oder für selbständige Gattung gehalten wurden. Ihr morphologischer Charakter prägt sich hauptsächlich dadurch aus, daß sie an der Grenze zwischen *Gomphrena* und *Iresine* sich befinden und bei der Ausbildung einzelner Blütenpartien Anschläge sowohl an typische *Gomphrena-*, als auch typische *Iresine*-Verhältnisse zeigen.

Ich finde da Gelegenheit, um über drei australische Arten zu berichten, weil ich nur zu denselben etwas Neues zuzufügen habe; deshalb kann ich auch nicht auf die systematisch und geographisch sehr interessanten Verhältnisse der ganzen Gruppe näher eingehen und muß mich mit der obigen kurzen Erwähnung begnügen.

Es sollen nur besprochen werden die Formen der *G. canescens* R. Br., *G. lanata* R. Br. und *G. flaccida* R. Br., die alle von Rob. Brown in seinem Prodromus florae Novae Hollandiae (1827) beschrieben worden sind.

G. canescens R. Br.

Die vorhandenen Exemplare von dieser Art zeigen habituell eine große Übereinstimmung untereinander, nur in der Farbe der Blüte — wie auch bei fast allen australischen Gomphrenen — variierten. Einmal kommen ganz reinweiße Blüten vor, andermal schön rote oder rosige, und drittens Blüten in einem Mischtone von diesen beiden Farben oder sogar gefleckt-farbig, rot und weiß, vor.

Welche von diesen verschiedenfarbigen Exemplaren der Typus ist, wird wohl schwer zu unterscheiden sein, weil keine von allen Kombinationen nicht den Eindruck eines Überwiegens macht; und auch dann, wenn vom ersten Beschreiber der Art vielleicht nur weiße Blüten beschrieben wurden, bleibt nicht ausgeschlossen, daß vielleicht eigentlich die roten die Mehrheit aller Exemplare machen und deshalb als Typus betrachtet werden sollen.

Das vorhandene Material gibt uns auch betreffs der Quantität des Vorkommens der einen oder anderen Form keinen sicheren Aufschluß; und weil mir selbst die direkte Beobachtung in der Heimat der Pflanzen fehlt und diesbezügliche Äußerungen der Kenner der australischen Verhältnisse nicht in dieser Richtung befriedigend sind[1]), sehe ich mich vorläufig gezwungen, den beiden extremen Formen, rot und weiß, den gleichen Grad der Selbständigkeit und dadurch auch der systematischen Stufe zuzuschreiben.

Und weil ich die Integrität der Art unberührt lassen möchte, fasse ich die ausgesprochen verschiedenfarbige Formen als selbständige Varietäten einer Art auf. Ob diese Farbensvarietäten denjenigen z. B. von *G. decumbens* oder *G. globosa* gleichwertig sind, mag noch dahingestellt bleiben.

[1]) Z. B. Fr. v. Müller, der lange Jahre in Australien eifrig gesammelt hat und dessen Exsikkaten sich in jedem größeren europäischen Herbarium befinden, reiht zur *G. canescens* auch rotblütige Exemplare als typische ohne irgendwelcher Bemerkung zu; u. z. a.

Es lassen sich also von der *G. canescens* die typischen zweifarbigen Varietäten aufstellen, die **var. alba** Stuchlík und **var. rosea** Stuchlík, die wohl durch Übergänge aller Art miteinander verbunden sind und dadurch ihre Zugehörigkeit zu einer Integritätsart zum Vorschein bringen.

Die kurzen Diagnosen dieser Varietäten — die Diagnose der ganzen Art braucht da wohl nicht veröffentlicht zu werden, weil eine solche, sehr gute, z. B. bei Moquin l. c. zu finden ist — lauten:

var. alba Stuchlík var. nov.

Flores albi; bractea et bracteolae membranaceae; perigonii folia alba, nervo intermedio interdum viridiuscula.

Als Beispiel: Exempl. von F. v. Müller, Nicol-Bay., im Herb. Kew, London, Paris u. z. a.

var. rosea Stuchlík var. nov.

Flores rosei; bractea, bracteolae et perigonii folia in toto v. apicem versus rosei v. purpurascentes.

Als Beispiel: Exempl. von F. v. Müller, Port Darwin, im Herb. Kew.

Auf die interessante, von den übrigen so abweichende Ausbildung der Staminodienröhre, die ich in Fig. 8 wiedergegeben habe, mache ich nur ganz flüchtig aufmerksam; auf eine eingehende Besprechung oder eine Diskussion vom systematischen Standpunkte kann ich mich hier nicht einlassen.

G. lanata R. Br.

Die Art erwähne ich nur ihrer nomenklatorischen Bedeutung wegen. Denn Moquin l. c. hat unter dem Namen *G. Brownii* Moq. zur Ehre des großen Botanikers eine *Gomphrena* beschrieben, welcher er selbst die von Brown aufgestellte *G. lanata* als Synonym zuschreibt. Die Pflanzen, die also eine Art sind, haben da ihre Namen verwechselt; denn die ältere *G. lanata* ist einzig gültiger Name und *G. Brownii* Moq. ihr Synonym, und nicht, wie Moquin angegeben hat und auch im Kew-Index abgedruckt ist, daß *G. Brownii* der gültige Name sein sollte; übrigens ist der Fehler auch von den Bearbeitern des Index-Kewensis erkannt und handschriftlich (aufgestellt im Herb. Kew) in dem Sinne korrigiert, daß der Name *G. lanata* R. Br. als gültig betrachtet werden muß.

Exemplare unter beiden Namen befinden sich im Herb. Kew (von Brown und F. v. Müller), Herb. London (von Brown, Iter austr.) und Herb. Paris (von Brown).

Natürlich nicht verwechselt werden dürfen die Homonymen *G. lanata* Poir (= *Pfaffia tomentosa*) und *G. lanata* H. B. et K. (= *Froelichia Humboldtiana*).

G. flaccida R. Br.

Ebenfalls bei dieser Art lassen sich die erwähnten zweifarbigen Varietäten unterscheiden. Es sind:

var. alba Stuchlík.

Flores albi; bractea, bracteolae et perigonii folia alba v. albo-lutea, nitidula.

Australia (Carpentaria, Brown! Herb. London, Paris, Kew usw.).

var. rosea Stuchlík.

Flores rosei; bractea, bracteolae et perigonii folia rosei v. albidi et apicem versus rosei; folia caulinia interdum nervo medio purpurascentia.

Australia (Victoria River, F. v. Müller, Herb. Kew usw.).

Kleine Miszellen.

Zu meinen früheren Publikationen über *Gomphrena* gebe ich da nachträglich noch kleinere Ergänzungen, die sich zum Teil auf die schon veröffentlichten Diagnosen beziehen.

G. perennis L. **var. rosea** (Grieseb.) Stuchlík.

Diese Varietät ist noch in Herbarien unter dem Namen *G. rosea* Grieseb. zu finden. Griesebach hat sie in seiner „Symbolae ad floram Argentinam, 1879" aufgestellt und diagnostiziert; aber auch sie, wie die schon erwähnte *G. suffruticosa* Gr. ist keine selbständige Spezies, sondern nur eine Abart der großen *G. perennis* L.

Habituell ist sie entweder mit der *G. perennis* vollkommen gleich, oder bildet einen Übergang zur *G. pulchella*. Dieser Übergangscharakter äußert sich auch in der Ausbildung einzelner Blütenpartien, so daß sogar einige Exemplare von Lorentz zur *G. pulchella* f. *ramosissima* zugereiht werden mußten. Alle die somatischen Unterschiede, die Griesebach angibt, eignen sich zur Charakterisierung einer selbständigen Art durchaus nicht, nicht nur deshalb, daß sie eigentlich nur den Körper der Pflanze betreffen, sondern auch darum, weil sie sehr unkonstant sind. Auch die rote Farbe der Blüte, die doch dem Autor Anlaß zur Benennung der Pflanze gegeben hat, scheint nicht allzu konstant zu sein, und manche Herbarexemplare, die wohl rot waren, zeigen die Farbe durchaus nicht.

Über die Beständigkeit und Variationen der Verfärbung kann ich nichts Sicheres sagen; aber doch nehme ich die Angaben des Autors in vollem Maße an und bezeichne auch die Form, der auf Grund der Blütenverfärbung der Rang einer Varietät zukommt, als **var. rosea** (Gr.) Stuchlík.

Ihre Diagnose: Radix perpendicularis, tuberosa. Folia anguste lanceolata. Capitula terminalia v. lateralia, hemisphaerica, ad 2 cm diam. — Flores rosei; perigonii folia oblongo-linearia, acuminata v. obtusiuscula, denticulata, alba et superne rosea, v. rosea.

Area geographica: Argentina (Cordoba, Hieronymus! Herb. London, Herb. Paris; Vilmorin! Herb. Paris).

G. decumbens Jacq.

Zu dieser Art ist noch die von Rothrock aufgestellte *G. nitida* einzuschließen. Diese Einreihung läßt sich folgendermaßen begründen:

In ihren mexikanischen Formen nähern sich die zwei größten *Gomphrena*-Arten, die *G. decumbens* und *G. globosa*, so aneinander,

daß man mitunter im Zweifel sein kann, ob ein vorliegendes Exemplar der einen oder der anderen Art zuzuschreiben ist. Die Form und Größe der Blätter, Verzweigung des Stengels, Größe, Farbe und Form des Blütenstandes, Ausbildung des Bracteolenkammes, des freien Endes der Staminodienröhre — das alles ist bei den mexikanischen Formen beider Arten ungefähr gleich.

Die *G. nitida* ist so diagnostiziert, daß sie sowohl zur *G. globosa* als auch zur *G. decumbens* angeschlossen werden könnte; habituell ist sie der *G. decumbens* näher, die Staminodienröhre steht ungefähr in der Mitte zwischen den typischen Formen beider Arten, Pistillum ist *decumbens*-ähnlich; also, die morphologischen Gründe sind nicht ausreichend und würden vielmehr dafür stimmen, die vorhandenen *nitida*-Exemplare unter beide Arten so verteilen, wie für jedes Individuum es am richtigsten wäre.

Daß ich aber die *G. nitida* nur als Synonym der *G. decumbens* betrachte, hat namentlich in geographischen Verhältnissen seinen Grund. Die *G. decumbens* ist eine mexikanische Spezies, die *G. globosa* eine kosmopolitische. Es liegt deshalb näher, die *G. nitida* als identisch mit der gleichheimatlichen *G. decumbens* zu betrachten, als mit derjenigen Art, von welcher nur ein geringer Teil morphologisch nahe verwandt ist, ein Teil, der vielleicht, streng genommen, nicht zur typischen, ursprünglichen *G. globosa* zu zählen wäre. Den Grund halte ich für vollständig genügend, um mein Vorgehen rechtfertigen zu können.

(Exemplare von *G. nitida* im Herb. Paris und London.)

Zu derselbe Art gehört weiter noch die *G. Mariae* S. Moore in Herbarien. Publiziert nirgends; der Index Kewensis enthält keine diesbezügliche Erwähnung.

Sie hat ganz typische kleinblättrige Form mit lanzettlichen Blättern; keine besondere Form für sich selbst, sondern mit der *decumbens* als Typus identisch. Die morphologischen Merkmale — Ausbildung des Bracteolenkammes, der Perigonblätter und der Staminodienröhre — entsprechen denjenigen der typischen *G. decumbens*; daß vielleicht die Perigonblätter nicht so indurat sind, ist wohl individuell aufzufassen und als Unterscheidungsmerkmal nicht zu verwenden. Auch die Länge der Staminodienröhre, die nicht präzis mit der von *G. decumbens* übereinstimmt, kann entweder Ausdruck einer individuellen Eigenschaft sein oder läßt sich durch Annahme eines vorliegenden starken Wachstums post anthesin begreifen; übrigens, zur Aufstellung einer Art würde dieses Merkmal auch dann nicht genügen, wenn es konstant sein sollte.

Als Herbarexemplar befindet sich die *G. Mariae* S. Moore im Herb. London von S. Moore aus Matogrosso.

Diejenigen Arten und Formen der erwähnten Herbarien, die in dieser Mitteilung nicht besprochen werden, bieten entweder nichts neues Bemerkenswertes, oder sollen erst im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Bearbeitung anderen Materials veröffentlicht werden.

Figurenerklärungen.

Fig. 1 a. a) Bracteolenkammformen der typischen *G. globosa.*
b) Freies Ende der Staubfädenröhre (mit und ohne lobus antherifer).
c) Form des Pistillum.

„ 1 b. a) Bracteolenkamm in typischer Form der ssp. *africana.*
b) Pistillum.

„ 2. a) Staminodienröhre (4 Formen) der *G. elegans* var. *genuina.*
b) Pistillum.

„ 3. a) Bracteolenkamm der *G. agrestis* Mart. (oben und unten vorhanden).
b) Staminodienröhre derselben Art.

„ 4. a) Bracteolenkamm der *G. scapigera* Mart. (zwei gewöhnlichsten Formen).
b) Staminodienröhre.

„ 5. a) Staminodienröhre der *G. Martiana* Gill. ex Moq.
b) Pistillum.

„ 6. a) Staminodienröhre der *G. Sonorae* Torr.
b) Zwei schematische Blüten derselben Art zur Demonstrierung der verschiedenen Ausbildung des Fruchtknotens und der Staubfädenröhre.
α) Jugendliche Blüte, β) Blüte post anthesin.

„ 7. a) Staminodienröhre der *G. Meyeniana* Walp.
b) Pistillum.

„ 8. a) Staminodienröhre der *G. canescens* R. Br.
b) Pistillum.

„ 9. a) Staminodienröhre der *G. lanata* R. Br.
b) Pistillum.

„ 10. a) Staminodienröhre der *G. flaccida* R. Br.

Die systematische Stellung der Gattung Krameria unter besonderer Berücksichtigung der Anatomie.

Von

Dr. **Michael Kunz**, Bamberg.

Mit 3 Abbildungen im Text.

Die Einreihung der Gattung *Krameria* in das natürliche System hat von jeher Schwierigkeiten bereitet. In keine der bekannten Familien wollte sich dieselbe ungezwungen einreihen lassen. Die seitherigen Untersuchungen befassen sich fast nur mit den exomorphen Merkmalen, und zwar vornehmlich mit den Verhältnissen des Blütenbaues. Die Anatomie wurde von Finselbach[1]) in einer allerdings nur kursorischen Bearbeitung behandelt. Auch Dominguez[2]) geht in einer Abhandlung über *Krameria Iluca* Phil. auf die Anatomie ein, er gibt im wesentlichen eine Übersicht über die anatomischen Verhältnisse der Wurzel dieser Art. Aber auch seine Bearbeitung geht wie die Finselbachs nicht über eine allgemeine Orientierung hinaus. Da also die anatomischen Verhältnisse noch nicht eingehend behandelt waren, über den Blattbau namentlich fast gar nichts bekannt war, habe ich eine eingehende anatomische Bearbeitung der Gattung vorgenommen. Meine Untersuchungen erstrecken sich auf Achse, Blatt, Frucht und Samen. Ich wollte vor allem prüfen, ob sich aus dem anatomischen Bau nicht neue Momente für die systematische Stellung ergeben. Die Berücksichtigung der exomorphen und endomorphen Verhältnisse hat mich schließlich zu dem wesentlich gleichen Resultate geführt wie Kunth[3]), Berg[4]) und Chodat[5]), welche *Krameria* als eine selbständige Familie auffassen. Dies erscheint mir immerhin wichtig in bezug auf die Stellung, welche die maßgebenden Systematiker der Gattung einräumen. Bentham et Hooker[6]) und Baillon[7])

[1]) Arch. d. scienc. phys. et nat. Genève. IIIe Péri. XXVI. 1891. p. 506.

[2]) Dominguez, Juan A., Contribution al estudio de la *Krameria Iluca* Phil. Buenos Aires 1909.

[3]) Kunth, Offic. Gewächse. Berlin 1834. p. 376.

[4]) Bot. Ztg. XIV. 1856. p. 745 ff.

[5]) Arch. d. scienc. phys. et nat. Genève. III. Période. XXI. 1890. p. 495 ff.

[6]) Bentham et Hooker, Genera plantarum. Londini 1867. I. p. 140.

[7]) Baillon, Histoire des plantes. Paris 1874. V. p. 77.

stellen sie zu den Polygalaceen und neuerdings Taubert[8]) in Engler-Prantls natürlichen Pflanzenfamilien zu den Caesalpiniaceen als eine besondere Gruppe der *Caesalpinoideae-Kramerieae.*

Im ersten Teile meiner Abhandlung gebe ich die Resultate meiner anatomischen Untersuchung, im zweiten Teile werde ich sodann die Aufstellung der Familie der *Krameriaceae* näher begründen unter Würdigung sowohl der anatomischen als auch der seitherigen morphologischen Untersuchungen.

I.

Anatomie der *Krameriaceae.*

Zur Untersuchung gelangten:

Krameria argentea Mart.; Martius, Brasilia.
K. canescens A. Gray; S. B. et W. F. Parish no. 84, California.
K. cistoidea Hook.; Lechler, Chile.
K. cytisoides Cav.; Pringle no. 3107, Mexico.
K. Ixina L.; a) Eggers no. 67, India occid.
b) Sintenis no. 571, Portorico.
K. lanceolata Torr.; Curtiss no. 572, Florida.
K. linearis Ruiz et Pav.; Schaffner 1875/79, Mexico.
K. parvifolia Benth.; Palmer no. 35, California.
K. tomentosa St. Hil.; Martius, Brasilia.
K. triandra Ruiz et Pav.; Bang no. 119, Bolivia.

Das angeführte Herbarmaterial erhielt ich aus dem K. botanischen Museum in München, dessen Vorstand, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Radlkofer, ich an dieser Stelle meinen Dank abstatte.

Die Blattuntersuchung wurde an allen verzeichneten Exemplaren vorgenommen; die Untersuchung der Achse an *K. argentea, cistoidea, cytisoides, tomentosa* und *triandra* und die der Frucht und des Samens an *K. cytisoides* und *tomentosa.*

1. Untersuchung der Achse.

a) Holzstruktur.

Rücksichtlich der Holzstruktur von *Krameria* sind vor allem hervorzuheben: isolierte, kleinlumige Gefäße, einreihige Markstrahlen und hofgetüpfelte, dickwandige Holzfasern.

Die Gefäße stehen isoliert und haben einen kreisrunden oder ovalen Querschnitt. Ihre Durchbrechungen sind einfach und befinden sich meist auf geneigten Zwischenwänden. In Berührung mit Markstrahlparenchym sind die Gefäßwandungen mit kleinen Hoftüpfeln versehen. Der Durchmesser der Hoftüpfel ist etwa 3—5 μ, der Hof kreisrund, die Ausmündung des Tüpfels schief spaltenförmig und an den korrespondierenden Hoftüpfeln gekreuzt.

---

[8]) Engler u. Prantl, Die natürl. Pflanzenfamil. 1894. III. 3. p. 166.

Der gewöhnliche Gefäßdurchmesser beträgt 36—40 μ, der Minimaldurchmesser 16 μ, der Maximaldurchmesser 54 μ. Die Gefäße von *K. triandra* haben einen etwas kleineren Durchmesser, der Maximaldurchmesser erreicht hier nur bis gegen 32 μ. Die Hauptmasse des Holzes besteht aus stark verdickten, ziemlich englumigen, tracheidenartigen Holzfasern, deren Hoftüpfel in Größe und Form mit denen der Gefäße übereinstimmen. Die Hoftüpfel treten auf den Querschnitten deutlich in Form eines doppelten T mit gemeinsamem Querstrich entgegen. Die Markstrahlen sind einreihig und meist mehrere Zellen hoch. Die Zellen sind dabei in axiler Richtung gestreckt. Die nur eine Zelle hohen Markstrahlen erscheinen kurz faserartig. Außer dem Markstrahlparenchym kommt noch, namentlich in der Nähe der Gefäße und der Markstrahlen, Holzparenchym aus (in axiler Richtung) langgestreckten Zellen vor. Markstrahlen und Holzparenchym führen Gerbstoff und Stärke.

Der Markkörper ist bald klein (*K. cistoidea*), bald größer (*K. argentea*). Bei allen Arten findet sich Stärkemehl und Gerbstoff, meist reichlich, im Marke. Rücksichtlich der Ausbildung der Markzellen teilen sich die untersuchten Arten in zwei Gruppen. *K. triandra* hat durchaus verholzte und ziemlich starkwandige, getüpfelte Markzellen. Bei den anderen Arten besitzt die Mehrzahl der Markzellen Zellulosewände, zwischen welche, je nach der Art in verschiedener Reichlichkeit, schwach sklerosierte und nach den bekannten Reaktionen schwach verholzte und getüpfelte Zellen eingestreut sind. Letztere sind z. B. bei *K. tomentosa* reichlich und erscheinen im Querschnitt zwischen den zellulosehaltigen netzartig verteilt. Oxalsaurer Kalk wurde in größerer Menge bei *K. cistoidea* und *cytisoides* in Form von Drusen, bei ersterer Art auch in Form von typischen Sphäriten angetroffen.

b) Rindenstruktur.

Über die Rindenstruktur ist folgendes zu bemerken: Die Epidermis, welche nur an den jüngeren Achsenteilen angetroffen wird, hat dicke Außenwände; auch Seiten- und Innenwände sind in der Regel ziemlich dick; dabei nehmen die Seitenwände mehr oder weniger nach innen zu keilförmig an Dicke ab. Primäre Rinde, Perizykel und sekundäre Rinde sind deutlich abgegrenzt. Die primäre Rinde besteht im allgemeinen aus ziemlich großen, im Querschnitte rundlichen, stärke- und gerbstoffhaltigen Zellen. Bei einem Teil der Arten, wie z. B. bei *K. argentea* und *triandra*, dagegen nicht bei *K. cytisoides*, ist die äußerste Zellschicht als Palisadengewebe ausgebildet, dessen Zellen an den Längswänden kurze Ausstülpungen nach Art des sogenannten konjugierten Parenchyms zeigen. Der Kork entsteht subepidermal. Die Korkentwicklung beginnt je nach der Art an Zweigen von 1,5 mm (*K. cytisoides*) bis 3 mm (*K. tomentosa* und *argentea*) Achsendurchmesser. Die Korkzellen sind stets dünnwandig, relativ weitlumig und etwas tangential gestreckt. Nach innen von der

primären Rinde folgt ein großzelliger parenchymatischer Perizykel, dessen Zellen auf Querschnitten in tangentialer Richtung stärker gestreckt sind und auch etwas stärker verdickte, an die Kollenchymwand erinnernde Zellwände aufweisen. Der parenchymatische Perizykel schließt größere bis kleinere Gruppen von primären Bastfasern ein, die dickwandig und englumig sind. Zuweilen trifft man auch von diesen Komplexen losgelöste und einzeln verlaufende Bastfasern an. Die sekundäre Rinde ist (mit Ausnahme der großzelligen Markstrahlen) verhältnismäßig kleinzellig. Sie enthält Bastfasern, die in der Regel weiterlumig sind als die des Perizykels; dieselben finden sich einzeln oder doch nur zu wenigen in kleineren, unregelmäßig angeordneten Gruppen. Die einreihigen Markstrahlen zeigen in ihren äußeren Teilen verbreiterte Zellen und sind dort zuweilen auch zwei oder mehrere Zellen breit.

Die Rinde ist reich an Gerbstoff und Stärke, und zwar führen im Perizykel und in der primären Rinde die meisten Zellen diese Inhaltsstoffe, in der sekundären Rinde hauptsächlich die Markstrahlen. Die Stärkekörner sind klein (etwa 6—10 μ Durchmesser), rund oder etwas oval und gemäß der Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop konzentrisch. Kalkoxalat tritt in ähnlichen Ausscheidungsformen auf, wie im Blattgewebe; ich verweise daher auf den Abschnitt über die Blattstruktur und erwähne an dieser Stelle besonders, daß Drusen und Sphärite (bis zu 36 μ Durchmesser) vornehmlich im Perizykel, kleinere, kristallsandartige bis größere, prismenförmige Kristallkörper, zu mehreren in derselben Zelle, namentlich in der sekundären Rinde vorkommen. Reich an Kalkoxalat sind *K. cistoidea* und *cytisoides*; weniger häufig finden sich die Kristallausscheidungen bei *K. tomentosa.*

c) Blattstruktur.

Als charakteristisch für die Gattung *Krameria* hebe ich besonders hervor: ausschließlich einzellige Deckhaare und das Fehlen von Außendrüsen; zentrischen Blattbau; Spaltöffnungen mit vorherrschendem Rubiaceentypus auf beiden Blattflächen; vergrößerte, hof- bis einfach getüpfelte Endtracheiden; reichlichen Gerbstoffgehalt des Mesophylls; schließlich meist reichliches Vorkommen von Kalkoxalat, und zwar in Form von Kristalldrusen, zuweilen auch typischen Sphäriten oder wenigstens sphäritenähnlichen Gebilden und von kleinen kristallsandartigen bis großen säulen- oder prismenförmigen Einzelkristallen, welche gewöhnlich zu mehreren in derselben Zelle liegen und häufig auch mit einer Druse oder einem Sphäriten zusammen angetroffen werden.

Epidermis. Sämtliche Arten haben kleine, mit geradlinigen oder nur wenig gebogenen Seitenrändern versehene Epidermiszellen von ungefähr 25—30 μ Flächendurchmesser; bei *K. Ixina* sind die Epidermiszellen etwas größer, ihr Durchmesser erreicht ca. 38 μ. Die Außenwände sind meist erheblich verdickt und bei den meisten Arten konvex, bei *K. canescens* nahezu papillös nach

außen gewölbt. Tüpfelung der Seitenränder kommt manchmal vor (*K. lanceolata*). Über die Cuticula ist zu sagen, daß dieselbe in der Regel ein dünnes glattes Häutchen ist; bei *K. argentea* und *tomentosa* erreicht sie eine erhebliche Dicke; hierbei dringt bei *K. argentea* die darunterliegende Zellulosewand zapfenartig in die Cuticula ein. Ferner ist noch zu bemerken, daß bei *K. cytisoides*, namentlich in der Nähe der Spaltöffnungen, die Cuticula senkrecht zum Spalt gestreift ist. Auf das Auftreten von verkieselten Protuberanzen in den Nachbarzellen der Trichome bei bestimmten Arten komme ich später zurück.

Spaltöffnungen. Die Stomata finden sich dem zentrischen Blattbau entsprechend beiderseits, und zwar annähernd in derselben Zahl. Die Spaltöffnungen sind zum Teil von einer größeren Anzahl gewöhnlicher Epidermiszellen umgeben, zum Teil sind sie nach ihrem fertigen Zustande dem Rubiaceentypus zuzuzählen, indem rechts und links vom Spalt eine parallele Nebenzelle gelegen ist[9]), wovon eine, wie noch bemerkt sei, zuweilen noch eine sekundäre Querwand aufweist. Sämtliche Spaltöffnungen nach dem Rubiaceentypus gebaut zeigen *K. lanceolata* und *linearis*; mehr oder weniger häufig wurde dieser Typus angetroffen bei *K. argentea, canescens, Ixina, parvifolia, tomentosa* und *triandra*. In den meisten Fällen sind die Spaltöffnungen regellos angeordnet; bei einigen Arten jedoch ist der größere Teil derselben mit der Spaltrichtung parallel zueinander und dabei senkrecht zum Mittelnerv des Blattes gelagert, so bei *K. canescens, linearis* und *parvifolia*. Größe und Form der Schließzellenpaare wechselt etwas bei den einzelnen Arten. Gewöhnlich sind dieselben in der Fläche elliptisch und haben einen mittleren Längen- bezw. Breitendurchmesser von 44 resp. 35 μ; bei *K. cytisoides* sind dieselben etwas größer (54/44 μ); kleiner und von rundlicher Form bei *K. canescens* und *parvifolia*, der mittlere Durchmesser erreicht hier etwa 32 μ. Des weiteren ist noch zu sagen, daß die Spaltöffnungen bei den meisten Arten, so namentlich bei *K. cistoidea*, infolge entsprechender subpapillöser Vorwölbung der Nachbarzellen in die Blattfläche eingesenkt sind.

Mesophyll. Der Blattbau ist zentrisch. Unter der beiderseitigen Epidermis befindet sich ein einschichtiger Gewebemantel aus typischem Palisadengewebe. Die Zellen desselben sind lang- und schmalgliedrig, ihre Längswände meist stark gefältelt und konjugiert. Das Innengewebe des Blattes wird je nach der Art entweder lediglich von einem rundlich-zelligen Parenchym ohne große Interzellulare (z. B. *K. argentea, canescens, lanceolata, linearis, parvifolia*) oder von einem unregelmäßig geschichteten, palisadengewebeähnlichen Gewebe (z. B. *K. cistoidea*) oder von beiden (z. B. *K. cytisoides*), und zwar je nach der Dicke des Blattes in verschiedener Reichlichkeit gebildet.

---

[9]) Die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung des Schließzellenapparates bei *K. Ixina* ergab, daß derselbe auch seiner Entstehung nach dem Rubiaceentypus zuzuzählen ist.

Trichome. Die Behaarung ist bei sämtlichen Arten reichlich. Sie besteht nur aus Deckhaaren; Drüsenhaare fehlen. Die Deckhaare sind durchweg einzellig, lang, schmal und spitz zulaufend. Ihre Wandungen, die stets die Amyloidreaktion geben, sind äußerst dick, das Lumen meist sehr enge. Gegen die Basis zu sind die Deckhaare etwas verschmälert und zwischen die Epidermiszellen eingefügt. Verschiedenheiten der Deckhaare bei den einzelnen Arten finden sich rücksichtlich der Länge, des mehr geraden oder welligen Verlaufes und auch der Haarbreite und der Lumenweite. Ich bemerke hinsichtlich dieser Verhältnisse folgendes: Die gewöhnliche Länge der Deckhaare beträgt ungefähr 0,5 mm, kleiner (0,2—0,3 mm) sind sie bei *K. cistoidea* und *tomentosa*, bei *K. lanceolata* erreichen sie etwas über 1 mm Länge. Ihr Verlauf ist meist etwas wellig; stark gewellt sind sie bei *K. Ixina* und *tomentosa*; bei einigen Arten (z. B. *K. cistoidea, lanceolata* und *triandra*) verlaufen sie fast ganz gerade. Der mittlere Breitendurchmesser der Deckhaare ist 12—15 μ, ihr Lumen sehr enge, oft nur fadenförmig; die Deckhaare von *K. lanceolata* sind ihrer Länge entsprechend etwas breiter und weiterlumig, ihr Breitendurchmesser beträgt ca. 26 μ, ihre Lumenweite 5—7 μ.

Die Nebenzellen der Haare zeigen oft in unmittelbarer Berührung mit der Haarbasis eine stärkere Wandverdickung, die auf dem Flächenschnitt kreisförmig (*K. argentea*) oder, wenn sich diese Verdickung auch noch auf die von der Insertionsstelle radiär ausstrahlenden Zellwände erstreckt, sternförmig erscheint (*K. triandra* und *lanceolata*). Dazu kommt, daß zuweilen in den der Haarinsertionsstelle zugekehrten Winkeln schwach-konvexe Protuberanzen hervortreten (*K. cistoidea, canescens, parvifolia*). An die zuletzt besprochenen Protuberanzen schließen sich die verkieselten, cystolithischen Gebilde an, die ich nicht nur in den Haarnebenzellen, sondern auch sonst im Blattgewebe bei *K. Ixina* und *linearis* (bei *K. Ixina* aber nicht für die Art konstant) vorgefunden habe. Dieselben treten zumeist in einer Gruppe von Epidermiszellen auf, die aus den Nebenzellen der Haare und öfters auch noch aus Zellen besteht, die den Haarnebenzellen nächst benachbart sind. Unter diesen Zellgruppen mit den in Rede stehenden cystolithischen Protuberanzen findet sich meist eine Gruppe von Palisadenzellen, deren der verkieselten Epidermiszellgruppe zugekehrten oberen Teile ebenfalls verkieselt sind und einen mehr oder weniger typischen Cystolithen darstellen. Selten beobachtete ich, daß an der Verkieselung auch noch darunter-gelegene Schwammgewebezellen teilnehmen. Auch ganz unabhängig von den Haaren beobachtete ich ähnliche Verkieselungen im Innern des Mesophylls, und zwar namentlich in der Nähe der Endtracheiden.

Gefäßbündel. Die leitenden Elemente des Blattstiels sind beim Eintritt von der Achse her zu einem einzigen Strange vereinigt; das Querschnittbild ist etwa hufeisenförmig. Im weiteren Verlaufe der Blattspreite zu wird der Querschnitt des Leitbündels mehr oder weniger kreisförmig (*K. tomentosa*), wobei die mecha-

nischen Elemente reichlicher werden und auch manchmal (*K. argentea*) zwei schwächere seitliche Leitbündel sich abtrennen. Die Spreite ist bei mehreren Arten ebenfalls nur von einem einzigen größeren Nerven durchzogen, bei anderen von dreien. Auch diese größeren Nerven sind vollständig in das Mesophyll eingebettet. Der Holzkörper enthält auch außer den Gefäßen verholzte Elemente. Der Weichbast ist gewöhnlich reichlich vorhanden. Hartbast aus dickwandigen und englumigen Fasern findet sich nur bei einigen Arten; er tritt bald in größeren Komplexen auf, wie z. B. bei *K. argentea* und *tomentosa*, bald besteht er wie bei *K. lanceolata* und *linearis* nur aus vereinzelten Fasern. Besonders bemerkenswert ist, daß die Gefäßbündelendigungen von vergrößerten, undeutlich bis deutlich hofgetüpfelten Endtracheiden gebildet werden.

Inhaltsbestandteile der Zellen. Als Zelleinschlüsse sind vor allem die charakteristischen Kristallformen des oxalsauren Kalkes und der reichliche Gerbstoff- und Fettgehalt des Mesophylls hervorzuheben.

Alle Arten, mit Ausnahme von *K. tomentosa*, bei welcher die Kristallelemente weniger häufig vorkommen, sind reich an Kalkoxalat. Dieser tritt vornehmlich im Schwammgewebe auf, selten findet er sich auch im Palisadengewebe. Seine Ausscheidungsform ist eine verschiedene. Gewöhnliche Einzelkristalle fehlen vollkommen. Die verbreitetste Kristallform bildet Drusen, deutlich morgensternartige bis scharfzackige, mit welchen dann auch, aber nicht bei allen Arten (reichlich z. B. bei *K. cistoidea*) typische, schöngeschichtete und oberflächlich glatte Sphärite vorkommen können. Die Größe der Drusen wechselt; so finde ich z. B. bei *K. cistoidea* und *cytisoides* solche bis zu 60 μ Durchmesser, bei *K. canescens* und *parvifolia* erreichen sie nur einen Durchmesser bis zu 26 μ. In den Drusenzellen kommen sehr häufig noch kleine, kristallsandartig vereinigte Kristalle vor. Letztere, zuweilen auch größere, finden sich auch ohne Drusen in Zellen des Schwammgewebes (z. B. bei *K. cytisoides*). Bei *K. Ixina* habe ich ab und zu, jedoch äußerst spärlich, Durchwachsungszwillinge oder mehrfache Durchwachsungen angetroffen.

Gerbstoff kommt in den Blättern aller Arten sehr reichlich vor, besonders im Mesophyll. Im allgemeinen ist das Palisadengewebe reicher an gerbstoffführenden Zellen als das Schwammgewebe.

Alle Arten führen runde, anscheinend kristallinische Fettkörper in großer Zahl. Diese treten vornehmlich im Palisadengewebe, zuweilen auch im Schwammgewebe auf.

Schließlich erwähne ich noch, daß ich bei mehreren Arten (z. B. bei *K. argentea* und *tomentosa*) gespeicherte Stärke im Mesophyll nachgewiesen habe.

2. Frucht und Samen.

Die Frucht ist eine einsamige Nuß. Folgende charakteristische Merkmale hebe ich hervor. Der Same hat kein Nährgewebe; die Cotyledonen führen Aleuren und Stärke. Die Samenschale ist

ein dünnes Häutchen; den mechanischen Schutz hat die Fruchtschale übernommen, und zwar durch eine Palisadenschicht, die eine ähnliche Verstärkungseinrichtung aufweist, wie sie in der Samenschale mancher Leguminosen angetroffen wird.

Ich beschreibe zunächst die anatomischen Verhältnisse der Fruchtschale und dann diejenigen des Samens.

Die Früchte sind dicht mit sehr langen, einzelligen Haaren und mit widerhakentragenden Emergenzen besetzt. Die Haare unterscheiden sich von denen des Blattes durch ihre größere Länge. Die Emergenzen [10]) sind aus faserartigen, mehr oder weniger stark sklerosierten Zellen aufgebaut. Ein Gefäßbündel tritt nicht in dieselben ein, dagegen kann man öfters unter oder doch in der Nähe der Emergenz Gefäßbündelendigungen beobachten. An ihrem äußeren Ende sind die Emergenzen mit einzelligen, dickwandigen und nach abwärts gerichteten, trichomartigen Gebilden besetzt, die rücksichtlich ihres Aussehens mit Ankerhaken verglichen werden können. Verschiedenheiten an den Emergenzen finden sich bei den einzelnen Arten hinsichtlich ihrer Größe, der Stellung, Zahl und Größe der Widerhaken und der Behaarung. Die gewöhnliche Länge der Emergenz beträgt 2—3 mm, bei *K. cytisoides* ca. 4 mm; die Widerhaken sind ca. 26 μ lang, bei *K. cytisoides* und *triandra* bis gegen 40 μ. Bei *K. cytisoides* trägt die Emergenz an ihrem etwas köpfchenartig verdickten Ende 4 im Kreuze stehende Widerhaken, bei *K. tomentosa* und *triandra* ist die in eine Spitze auslaufende Emergenz von der Spitze abwärts in ihrem oberen Drittel mit ca. 10 solcher Widerhaken versehen; bei *K. argentea* sind die Widerhaken zu kleinen Höckern reduziert. Hinsichtlich der Behaarung schließlich ist zu bemerken, daß die Emergenzen von *K. cytisoides* und *triandra* in ihrem unteren Drittel stark behaart sind, bei anderen Arten hingegen vollständig unbehaart oder nur am Fuße oder in der Nähe des Fußes mit wenigen Haaren besetzt sind. Die biologische Bedeutung dieser Emergenzen ist ihre Mitwirkung zur Verbreitung der Früchte.

An der Fruchtschale lassen sich zwei Regionen unterscheiden, nämlich eine ledrige Hülle und die harte Schale. Die Hülle ist von gewöhnlichen parenchymatischen Zellen gebildet und von zahlreichen Leitbündeln mit Spiralgefäßen durchzogen. Bei *K. cytisoides* sind die nach innen zu gelegenen Zellen sklerosiert und getüpfelt. Der harte Teil der Fruchtschale ist von einem einschichtigen Mantel von sklerosierten Palisadenzellen umgeben, die, wie oben schon erwähnt, an die Palisaden in der Samenschale mancher Leguminosen, z. B. *Phaseolus* und *Vicia*, erinnern. Das Lumen dieser Palisaden ist in dem nach außen zu gelegenen Zellteile stark reduziert und erweitert sich im unteren Zelldrittel; von dem Lumen gehen radiäre Spalten aus, die in der Längsansicht strichförmig, im Querschnittsbilde wie radiär verlaufende Tüpfel erscheinen. An ihrem nach innen gekehrten Ende sind die Pali-

[10]) Die Emergenzen habe ich untersucht bei *K. argentea, cytisoides, tomentosa* und *triandra*.

saden verjüngt und mit dem anstoßenden Steinzellengewebe verbunden. Die Länge der Palisadenzellen beträgt ca. 75 μ. Der innere und mächtigere Teil der Fruchtschale besteht aus Steinzellen, die bis auf ein kleines Lumen sklerosiert sind. Diese Zellen sind mit unregelmäßigen, kurzen und dicken Ausstülpungen versehen und nehmen zahlreiche Interzellularen zwischen sich. In der dicken Zellwandung läßt sich, besonders gut bei *K. cytisoides*, eine deutliche Schichtung wahrnehmen. Ab und zu trifft man in dieser Steinzellenschicht Leitbündel mit Spiralgefäßen. Der Innenraum der Fruchtschale ist mit einer einschichtigen Epidermis ausgekleidet, deren Zellen verhältnismäßig dünnwandig sind.

Hinsichtlich der chemischen Natur der Zellgewebe der Fruchtschale ist zu sagen, daß die Palisadenzellen starke und die übrigen Bauelemente der Schale nur schwache Holzreaktion zeigen. Ferner ist der reichliche Gerbstoffgehalt der Fruchtschale zu erwähnen.

Der nährgewebefreie Same ist von einer dünnen Hülle umgeben, deren Zellen äußerst zartwandig sind, wobei selbst die Epidermisaußenwände nur wenig stärker sind als die übrigen Zellwandungen. In der Fläche erscheinen die Epidermiszellen der Samenschale ziemlich groß; ihre Seitenränder sind mäßig gebogen. An der Samenschale finden sich auch Spaltöffnungen. Der Schließzellenapparat ist in der Fläche ungefähr kreisrund (Durchmesser ca. 35 μ). Die in der Flächenansicht nierenförmig entgegentretenden Schließzellen umschließen eine große kreisrunde Öffnung. Aufgefallen ist mir bei *K. tomentosa* das wiederholte Auftreten von Zwillingsspaltöffnungen, und zwar derart, daß die beiden Schließzellenpaare mit ihren Schmalseiten aneinanderstoßen, die Spalten der Stomata daher in einer Linie liegen. Das übrige Gewebe der Samenschale besteht aus dünnwandigen und unregelmäßig gestalteten Zellen und ist von zahlreichen Leitbündeln mit Spiralgefäßen durchzogen. Der Gerbstoffgehalt der Samenschale ist ein hoher. Die Cotyledonen enthalten als Nährsubstanz kleine Aleuren- und Stärkekörner, letztere in geringerer Zahl als erstere und sind sehr fettreich. Die Gefäßbündel sind in den Cotyledonen als Stränge langgestreckter Zellen bereits angelegt.

II.

Die systematische Stellung von *Krameria*.

Früher wurde *Krameria* allgemein den Polygalaceen zugezählt. Indes lassen doch manche Abweichungen, namentlich im Blütenbau, diese Einreihung nicht natürlich erscheinen, weshalb von mehreren Autoren eine andere Stellung vorgeschlagen wurde. Bereits im Jahre 1856 behandelte Berg[11]) in der Botanischen Zeitung diese Schwierigkeiten, welche die Einreihung von *Krameria* in das natürliche System bereitet und zählt auch eine Reihe von Versuchen auf, welche gemacht wurden, um der Gattung den

[11]) A. a. O.

ihr von Natur aus zukommenden Platz im System anzuweisen. So trennte sie Kunth von den Polygalaceen los und erhob sie zu einer eigenen Familie der „*Krameriaceae*", die er zwischen die Poligalaceen und die Zypophyllaceen stellte [12]). Griesebach zählt, wie Berg erwähnt, *Krameria* zu den Caesalpiniaceen. Später hat Baillon [13]) in Adansonia sich ausführlich mit der Gattung beschäftigt. Neben einer genauen Analysierung der Blüte hat er auch an *K. cytisoides* Cav. die ganze Entwicklung der Blüte verfolgt. Durch die Beobachtung eines zweiten, nach hinten gerichteten Karpells, das aber frühzeitig sein Wachstum einstellt und verkümmert, ließ er sich hauptsächlich bestimmen, *Krameria* zu den Polygalaceen zu zählen; er gibt aber die große Ähnlichkeit mit den Caesalpiniaceen zu, namentlich mit Rücksicht auf die Orientierung und Entstehungsfolge der Kelchblätter und hebt ausdrücklich hervor, daß er nur durch die von ihm beobachtete Entwicklung des Gynaeceums zu seiner Anschauung gekommen sei. Er schreibt in Adansonia IX: „Si l'on n'avait pas suivi le développement du gynécée et vu positivement sa composition, on pourrait se croire presque autorisé à joindre la *Krameria* aux Caesalpiniées et non aux Polygalacées." Zu einem anderen Ergebnis kommt Eichler [14]) in seinen Blütendiagrammen, obschon er im wesentlichen auf den Untersuchungen Baillons fußt. Er zählt *Krameria* zu den Caesalpiniaceen. Bestimmend ist für ihn die Konstatierung des sogenannten Leguminoseneinsatzes der Blüte mit dem ersten Kelchblatte nach vorne. Die Richtigkeit der von Baillon gemachten Beobachtung eines zweiten Karpells zweifelt er an, da die Entwicklungsgeschichte nur an Herbarmaterial verfolgt worden sei; er legt überhaupt auf die Existenz dieses fraglichen zweiten Karpells wenig Wert und führt weiter an, daß bei *Phaseolus* ebenfalls ein zweites Karpell vorkomme.

Chodat [15]) kommt anläßlich seiner für Engler-Prantls natürliche Pflanzenfamilien verfaßten Monographie der Polygalaceen auch auf die Gattung *Krameria* zu sprechen und spricht sich für die Aufstellung einer eigenen Familie der *Krameriaceae* aus. Ich halte es für zweckmäßig, die Gründe, welche ihn hierzu veranlaßten, mit seinen eigenen Worten wiederzugeben, schon deshalb, weil die Zeitschrift, welche seine Abhandlung enthält, nicht allgemein zugänglich ist. Er hebt die große Ähnlichkeit von *Krameria* mit den Leguminosen hervor und fährt fort: „La structure florale est semblable dans ces deux groupes, et la ressemblance apparaît plus nettement, si on compare les Kramériacées avec la groupe des Cassiées. En effet, la réduction dans l'androcée, la déhiscence des anthères, la soudure des étamines, la zygomorphie et l'aspect général sont semblables. Cependant l'orientation des parties constituantes est

[12]) Angabe nach Berg.
[13]) Adansonia. IX. p. 15 ff.
[14]) Eichler, Blütendiagramme. Leipzig 1878. II. p. 522.
[15]) Arch. d. scienc. phys. et nat. a. a. O.

contraire: ce qui est antérieur chez les Cassiées, est postérieur chez les Kramériacées, en outre, les Cassiées sont périgynes, les Kramériacées hypogynes. Les prétendues affinités avec les Polygalacées sont plus obscures; les Kramériacées sont dépourvues du pollen characteristique des Polygalacées, le leur est à trois plis. Les deux carpelles des Polygalacées sont réduits à un seul chez les Kramériacées. En outre, jamais les Polygalacées n'ont de feuilles composées, tandisque *Krameria cytisoides* a des feuilles trifoliées."

Taubert hat in der Bearbeitung der Leguminosen für Engler-Prantls natürliche Pflanzenfamilien nach dem Vorgange Eichlers *Krameria* wieder zu den Caesalpiniaceen gezählt[16]). Auf Chodats oben angeführte Darstellung über die Orientierung der Blüte spricht er sich in einer Anmerkung folgendermaßen aus: „Die Orientierung der Blüte zur Achse ist dieselbe wie bei allen Cassieen. Chodat hat sich wahrscheinlich durch die Resupination der Blüte täuschen lassen." Hans Hallier, dem die Systematiker zweifellos viele Anregungen verdanken, hat in seiner neuesten Arbeit: „L'origine et le système phylétique des Angiospermes exposés à l'aide de leur arbre généalogique"[17]) *Krameria* unter „? 126 Kramériacées Chodat 1890" mit dem Zusatz „apparantées à 125 (= Polygalacées) ? N'appartiennent à 67 (= Légumineuses)" bei seinen Polygalines untergebracht.

Bevor ich zur Frage der systematischen Zugehörigkeit von *Krameria* Stellung nehme, möchte ich auf eine Richtigstellung der Angaben über die Orientierung der Blüte resp. der Kelchinsertion bei Chodat und auch bei Taubert eingehen. Bei Bentham et Hooker werden die Blüten von *Krameria* als „subresupinati" bezeichnet. Es ist damit offenbar die sowohl an Abbildungen dargestellte als auch am Herbarmaterial wahrzunehmende leichte Drehung der Blüte gemeint. Baillon aber gibt in seiner Histoire des plantes an, daß die Blüten resupiniert seien. Eine Resupination jedoch in dem gewöhnlichen wissenschaftlichen Sinne einer Drehung um 180° findet bei *Krameria* nicht statt. Baillon kann mit seiner Angabe nur den sogenannten Leguminoseneinsatz gemeint haben, daß nämlich von den 5 Kelchblättern das unpaare und in der Entwicklung das erste nach vorne gerichtet ist, während bekanntlich bei den meisten Dikotylen gewöhnlich das unpaare Kelchblatt nach hinten gekehrt ist. Daß er die Resupination in diesem Sinne aufgefaßt hat, geht schon daraus hervor, daß er auch manchen Caesalpiniaceen eine „Resupination" zuschreibt, z. B. *Amherstia, Cassia, Bauhinia*[18]) und gerade darin eine Ähnlichkeit von *Krameria* mit den Caesalpiniaceen und eine Verschiedenheit mit den Polygalaceen erblickt. Er schreibt in Adansonia IX: „Leur (*Krameria*) fleur rapelle

[16]) Engler u. Prantl, Die natürl. Pflanzenfamil. III. 3 p. 166 ff.

[17]) Arch. Néerland. d. scienc. exact. et nat. Sér. III. B. I. 1912. S. A. p. 73.

[18]) Baillon, Histoire des plantes. II. p. 179, 186, 187.

beaucoup celle de certaines Légumineuses-Caesalpiniacées..... Il en a surtout la fleur résupinée, comme celles de Krameria, qui par là se séparent de toutes les autres Polygalées.“ Es muß freilich dieser ungewöhnliche Gebrauch eines Wortes, das einmal als Fachausdruck seine Prägung erhalten hat, befremden, zumal da Baillon in seinem Dictionaire de Botanique unter Resupination nur die gewöhnliche Bedeutung angibt[19]). Durch die Angabe Baillons ließ sich Chodat (siehe die oben S. 421 angeführten durchschossenen Worte) offenbar irreführen. Er hat die bei Baillon erwähnte Resupination in dem gewöhnlichen wissenschaftlichen Sinne aufgefaßt. Infolgedessen hat er sich das von Baillon gezeichnete Diagramm in der ursprünglichen Lage um 180° gedreht gedacht und ist daher zu der Anschauung gelangt, als ob bei *Krameria* das unpaare Kelchblatt nach hinten gerichtet und so die Blüte gegen die der Caesalpiniaceen verkehrt orientiert sei. Auch aus Tauberts Angaben geht hervor, daß dieser Autor gleichfalls die Angabe der Resupination bei Baillon in dem gewöhnlichen wissenschaftlichen Sinne aufgefaßt hat. Er ist jedoch der Ansicht, daß Baillons Diagramm sich auf die ursprüngliche Stellung der Blütenteile, also auf die noch nicht resupinierte Blüte, bezieht, und glaubt nun den Irrtum Chodats dadurch richtig zu stellen, daß er sagt, diesem Autor sei die Resupination entgangen. So kommt Taubert allerdings zu dem richtigen Resultate, nämlich dem, daß bei *Krameria* das unpaare Kelchblatt nach vorne gerichtet ist und daher das Baillonsche Diagramm so aufzufassen ist, wie es gezeichnet ist; freilich beruht seine Anschauung auf einer falschen Voraussetzung. Die Orientierung der Blüte von *Kameria* ist also dieselbe wie bei den Caesalpiniaceen.

Nachdem nun die Orientierung der Blüte zur Abstammungsachse von *Krameria* festgestellt ist, spricht alles für die Caesalpiniaceen. Die Ähnlichkeit mit dieser Familie besteht nach Chodats oben angeführter Darlegung in folgendem: Reduktion des Andrözeums, Dehiszenz der Antheren, Verwachsung der Staubblätter, Zygomorphie und Gesamthabitus der Blüte. Die verwandtschaftlichen Beziehungen zu den Polygalaceen hingegen nennt Chodat „plus obscures“ und weist noch darauf hin, daß *Krameria* nicht die für die Polygalaceen charakteristische Pollenstruktur habe, und daß schließlich bei den Polygalaceen nie zusammengesetzte Blätter vorkommen, während *K. cytisoides* solche hat. Auch Baillon gibt die große Ähnlichkeit mit den Caesalpiniaceen zu. Nur die von ihm gemachte Beobachtung eines zweizähligen Gynaeceums hält ihn, wie oben bereits hervorgehoben, davon ab, die Gattung dieser Familie zuzuzählen. Eichler und wohl auch andere Autoren, die ihm nachfolgen, messen diesem zweiten Karpell mit Recht keine große Bedeutung bei. Es ist ja selbstverständlich, daß der einblättrige Fruchtknoten auch bei den Leguminosen von einem mehr-, eventuell zweiblättrigen, abzuleiten

[19]) Baillon, Dictionaire de botanique. Paris 1886. II. p. 62.

ist. Es spricht dafür auch der Umstand, daß bei den Leguminosen eine Vermehrung der Fruchtblätter ziemlich häufig vorkommt. So ist dieselbe beispielsweise bei *Phaseolus* sehr häufig, was schon Eichler anführt; bei *Caesalpinia digyna* Rottl kann die bikarpide Ausbildung des Fruchtknotens als normal angesehen werden und hat der Art den spezifischen Namen gegeben[20]). Masters führt in seiner Teratologie[21]) folgende Gattungen der Leguminosen auf, bei welchen diese Anomalie mehr oder weniger häufig vorkommt: *Affonsea, Anthyllis, Archidendron, Caesalpinia, Cassia, Cercis, Diphaca, Gleditschia, Medicago, Mimosa, Phaseolus, Robinia, Trifolium, Vicia, Wistaria.* Andererseits kommt bei den Polygalaceen auch eine Reduktion des zweiblättrigen Gynaeceums in ein einblättriges vor, so bei *Polygala vulgaris* L.; bei *Monninia* ist der einblättrige Fruchtknoten das Normale[22]). Es kann daher die Existenz des fraglichen zweiten Karpells nicht ausschlaggebend sein dafür, *Krameria* von den Caesalpiniaceen loszutrennen und den Polygalaceen zuzuzählen.

Eine andere Frage aber ist, ob man die Konstatierung eines so erfahrenen und gewissenhaften Beobachters, wie es Baillon gewesen, einfach ganz vernachlässigen oder, wie es Eichler tut, ohne Nachprüfung in Zweifel ziehen darf. Ich habe es daher unternommen, die Angaben von Baillon mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Fruchtknotens einer nochmaligen Untersuchung zu unterziehen.

Schon aus der ganzen Darstellung Baillons geht hervor, daß er seine Untersuchung sehr sorgfältig gemacht hat, und daß daher ein Irrtum kaum anzunehmen ist. Baillon beschreibt zuerst die Entstehungsfolge der 5 Kelchblätter, denen dann die 3 Blumenblätter und die 4 Stamina folgen, und zwar letztere, wie Baillon meint, zu gleicher Zeit, da sie der Forscher in verschieden vorgeschrittenen Entwicklungsstadien in gleicher Länge gesehen hat; hierauf entstehen die zwei Fruchtblätter und zuletzt die zwei Drüsen, die Baillon daher als gewöhnliche Diskusdrüsen auffaßt. Die Entwicklungsgeschichte des Gynaeceums lasse ich hier mit den Worten Baillons folgen: „Mais enfin on voit sur lui (réceptacle) les premiers rudiments du gynécée; ce sont bien manifestement deux feuilles carpellaires, l'une antérieure et l'autre postérieur, deux petits croissant qui se regardent par leur concavité et qui à leur extrémités deviennent connés entre eux, et se soulèvent, limitant deux fossettes, rudiments des loges ovariennes. Seulement, l'une de ces loges s'arrête bientôt dans son évolution; une seule cavité, l'antérieure, se prononce chaque jour davantage, et cela par l'élévation progressive des deux feuilles carpellaires qui finissent par recouvrir la cavité ovarienne d'une sorte de coiffe conique, mais qui très longtemps demeurent

---

[20]) Penzig, Pflanzen-Pathologie. Genua 1890. I. p. 402.

[21]) Masters, Vegetable Teratology. London 1869. p. 364.

[22]) Moquin-Tandon, Pflanzen-Teratologie (Deutsch von Schauer). Berlin 1842. p. 308.

distinctés au sommet sous forme de deux petites dents bien marquées[23]).“

Es ist mir nun gelungen, in einer Knospe von *K. cistoidea*, welche ähnliche Blütenverhältnisse aufweist wie die von Baillon untersuchte *K. cytisoides*, nach Entfernung der verhältnismäßig schon weit in der Entwicklung vorgeschrittenen, die Blütenhülle bildenden Kelchblätter, die inneren Blütenteile herauszupräparieren. Die Figuren dieser inneren Blütenteile füge ich bei.

(Vergr. ca. 25.)

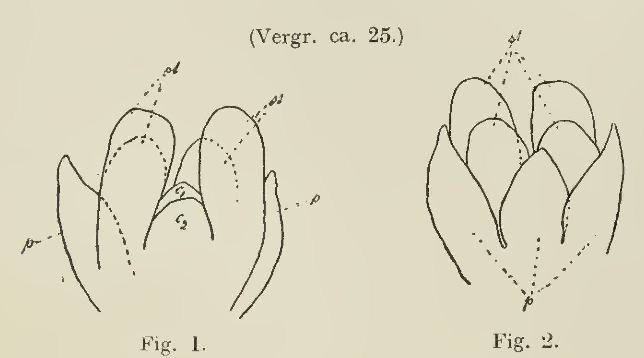


Fig. 1. Fig. 2.

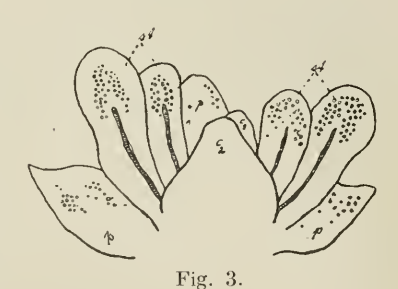


Fig. 3.

Fig. 1 zeigt die Blüte von vorn. In der Mitte sieht man zwischen den 4 Staubblattanlagen (st) die beiden Fruchtblätter (c), und zwar ist das hintere (c^1), das abortiert wird, etwas größer als das vordere (c^2). Von den Staubblattanlagen sind die beiden vorderen länger als die hinteren, welche daher in der Zeichnung größtenteils verdeckt sind. Zu beiden Seiten stehen die beiden seitlichen Blumenblätter (p) vor. Fig. 2 zeigt die Blüte von hinten mit den 3 Blumenblättern (p) und den 4 Staubblattanlagen (st). In Fig. 3 sind die Blütenteile durch Druck auf das Deckglas etwas auseinandergetreten und lassen das vordere Fruchtblatt vollständig erkennen. Zu dem von mir beobachteten Entwicklungsstadium ist noch zu sagen, daß die Fruchtblätter noch flach und noch nicht eingerollt sind. In den Staubblattanlagen sind die Gefäßbündel, wie ich sie in Fig. 3 eingezeichnet habe, bereits angelegt. Die beiden Drüsen sind noch nicht entwickelt. Außerdem sei noch das reichliche Vorhandensein kleiner Kristalldrusen in den Staubblatt- und Blumenblattanlagen erwähnt. Von weiteren Untersuchungen mußte ich Abstand nehmen, da mir nicht genügendes, geeignetes Material zur Verfügung stand und ich das dem Botanischen Museum in München gehörende Material nicht allzusehr schädigen wollte. Es dürfte aber meine Konstatierung genügen, um die Glaub-

[23]) Adansonia. IX. p. 17 u. 18.

würdigkeit der Darlegungen Baillons darzutun und um zu zeigen, daß die Analyse der Blütenknospe leicht auszuführen ist, wenn geeignetes Material, namentlich Alkoholmaterial, zur Verfügung steht.

Wenn man also die bisher besprochenen morphologischen Verhältnisse der Blüte und der vegetativen Organe allein in Betracht zieht, so würde meines Erachtens einer Einreihung von *Krameria* in die Familie der Caesalpiniaceen, wie sie bei Engler-Prantl geschehen ist, nichts im Wege stehen. Allein zwei gewichtige Merkmale sprechen gegen eine solche Einbeziehung. Das eine ist das Fehlen der Nebenblätter bei *Krameria*, eines wichtigen Kennzeichens der ganzen Leguminosengruppe; das andere ist die anatomische Struktur des Holzkörpers bezw. die Zusammensetzung der Grundmasse des Holzes aus hofgetüpfeltem Holzprosenchym. Auf das Fehlen der Nebenblätter bei *Krameria* macht bereits Berg in seiner Abhandlung in der Botanischen Zeitung aufmerksam. Es findet sich in der Literatur nirgends eine Angabe, daß solche bei irgendeiner Art von *Krameria* beobachtet worden sind. Allerdings muß ich bemerken, daß auch bei mehreren Leguminosengattungen die Nebenblätter fehlen. Was die Hoftüpfelung der Grundmasse des Holzprosenchyms anlangt, so ist zu betonen, daß bei keiner Leguminose, soviel ihrer auch untersucht wurden, eine solche Holzstruktur vorhanden ist wie bei *Krameria*. Hofgetüpfeltes Holzprosenchym kommt bei den Leguminosen vor, und zwar mit Übergängen zu englumigen Gefäßen. Aber die Grundmasse des Holzes besteht überall aus einfach getüpfeltem Holzprosenchym, aus gewöhnlichen Holzfasern.

Andere anatomische Merkmale, welche gegen die Einverleibung von *Krameria* bei den Leguminosen sprechen, habe ich im übrigen bei meinen Untersuchungen nicht auffinden können. Die Anatomie von Blatt und Rinde lieferte mir keine weitere Handhabe. Die Pollenstruktur von *Krameria* ist die für die Dikotylen normale mit 3 Keimporen, welche auch bei den Leguminosen verbreitet ist. Die epidermale „Palisadenschicht" in der Samenschale, welche gleich der auf sie folgenden „Steinzellschicht" für die Leguminosen charakteristisch ist, fehlt zwar bei *Krameria*. Allein das Fehlen derselben hängt zusammen mit der Beschaffenheit der Frucht (Nuß), welche in ihrer Schale mechanische Elemente zum Schutze des Samens entwickelt hat, während die Samenschale von *Krameria* aus dünnwandigem Gewebe besteht, was übrigens auch bei Leguminosen (z. B. *Arachis*) vorkommt.

Bezüglich der exomorphen Verhältnisse möchte ich zunächst nochmals hervorheben, daß der erbrachte Nachweis des zweiten Karpells in der Blüte von *Krameria* für die in Rede stehende Frage mit Rücksicht auf ein Für oder Wider nicht sonderlich von Bedeutung ist. Andererseits darf man aber meines Erachtens auch dem Leguminoseneinsatz, den Stellungsverhältnissen der Kelchblätter, die sich übereinstimmend bei Leguminosen und Krameriaceen finden und zugunsten verwandtschaftlicher Beziehungen

beider Gruppen sprechen, keine so große Bedeutung beimessen, als daß sie absolut ein Verbleiben von *Krameria* bei den Leguminosen erforderten. Ich erinnere nur daran, daß die Lobeliaceen und Rhodoraceen, die gewiß nicht in näherer verwandtschaftlicher Beziehung zueinander stehen, eine besondere Orientierung der Kelchblätter, nämlich mit dem zweiten Kelchblatte nach vorne, gemeinsam haben.

Ich glaube daher, daß es das richtige ist, wenn man *Krameria* zu einer eigenen Familie „*Krameriaceae*" erhebt, wie es früher bereits andere Autoren, allerdings mit einer anderen Begründung getan haben, und diese Familie den Leguminosen anschließt.

Zweifellos steht fest, daß die Einbeziehung von *Krameria* zu den Caesalpiniaceen im Anschluß an die Cassieen immerhin eine gezwungene ist, und daß man daher besser tut, die Gattung aus dem Verbande der Leguminosen loszulösen. Meines Erachtens scheint es dem natürlichen System besser zu entsprechen, lieber einige Familien mehr aufzustellen, als gewisse Gattungen in Verwandtschaftskreise künstlich einzufügen, in die sie sich einmal nicht natürlich eingliedern lassen wollen. Diese Ansicht kommt auch in Engler-Prantls natürlichen Pflanzenfamilien wiederholt zum Ausdruck.

Vorstehende Arbeit wurde im K. Botanischen Institut zu Erlangen angefertigt. Die Anregung dazu hat mir Herr Professor Dr. Solereder gegeben, der mich auch bei der Anfertigung in liebenswürdigster Weise unterstützte. Ich spreche ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

Erlangen, Botanisches Institut, den 27. November 1912.

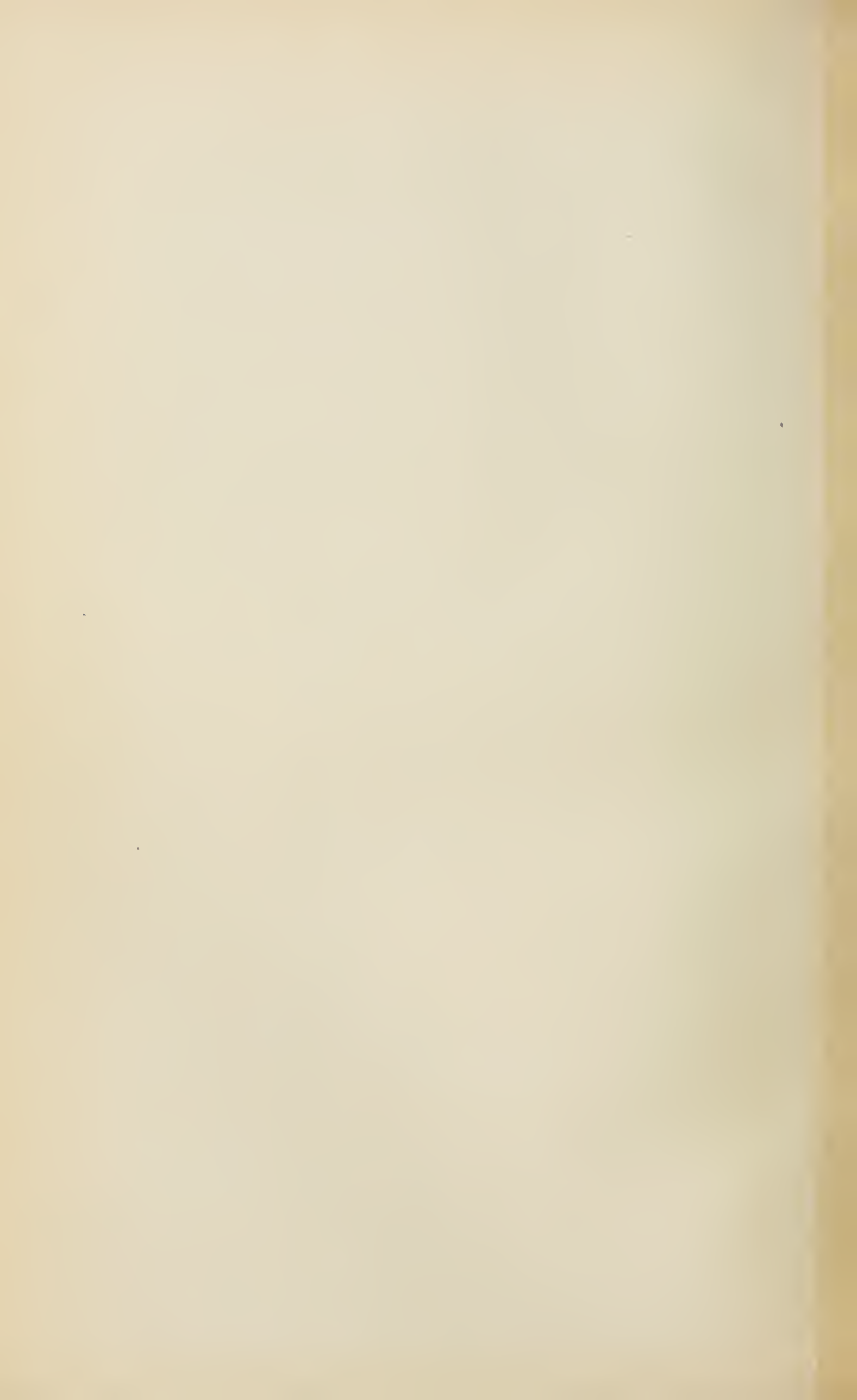


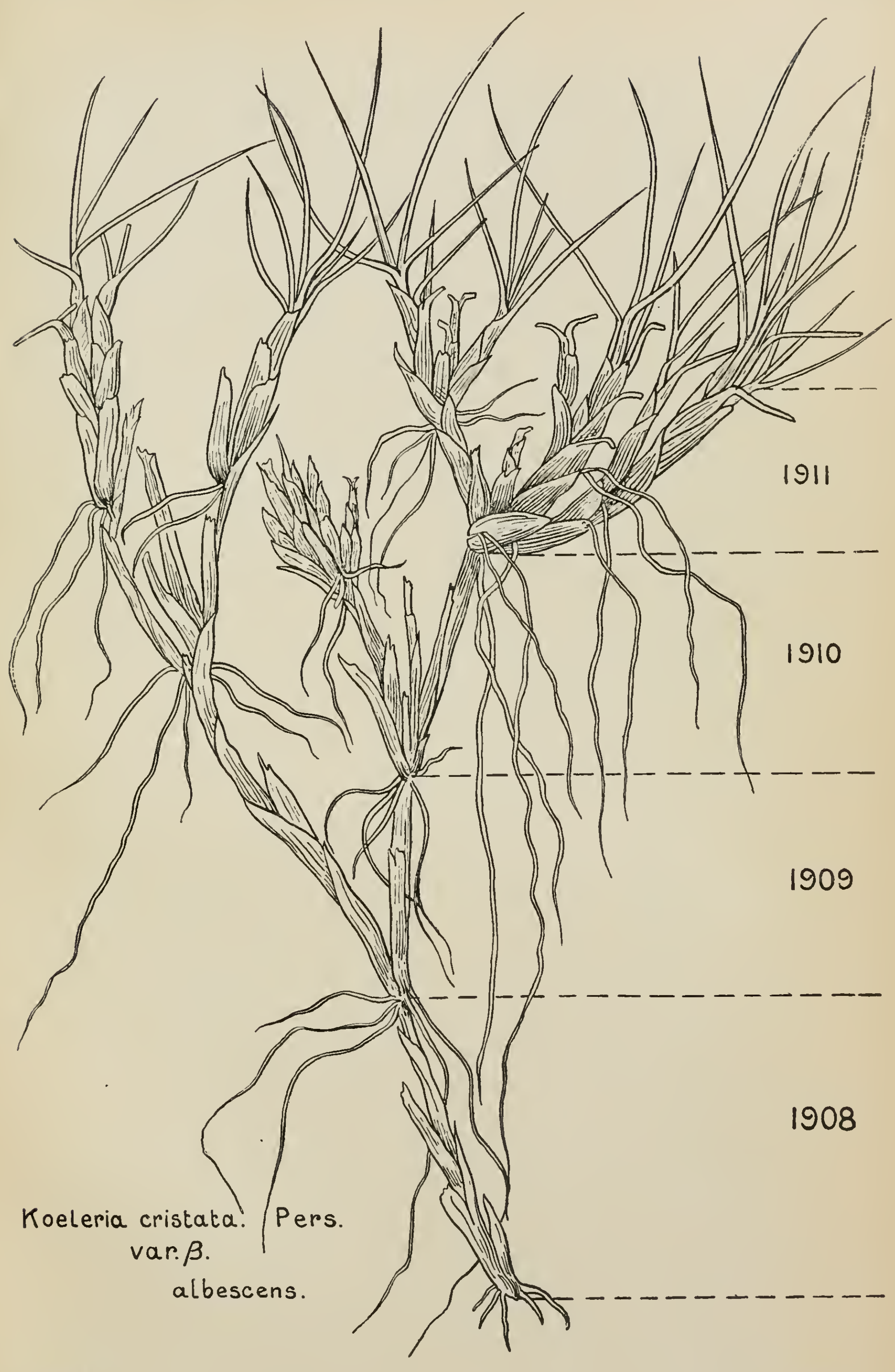
Fig. 1.

Fig. 2.

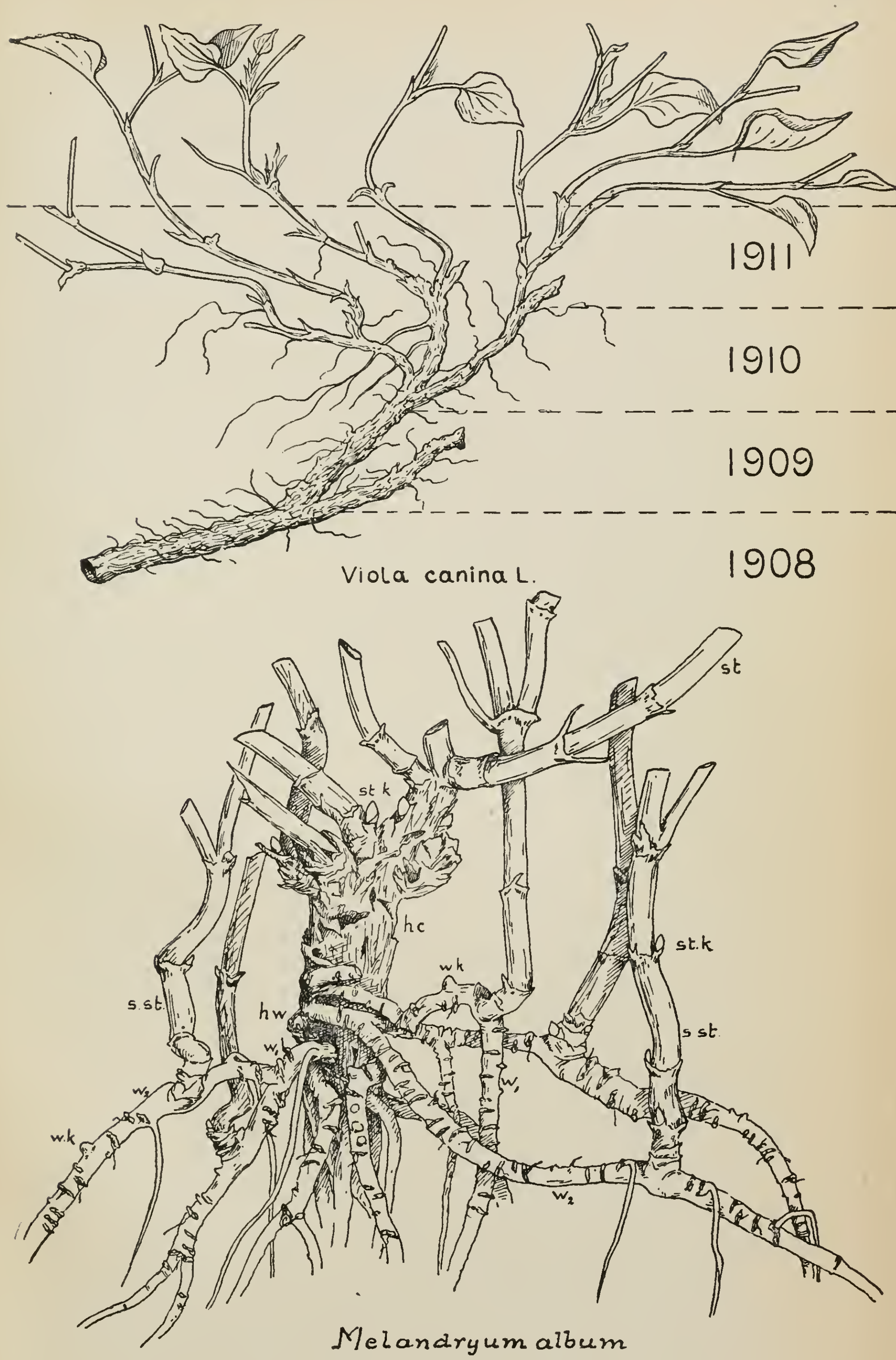
J. Jeswiet.

Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.

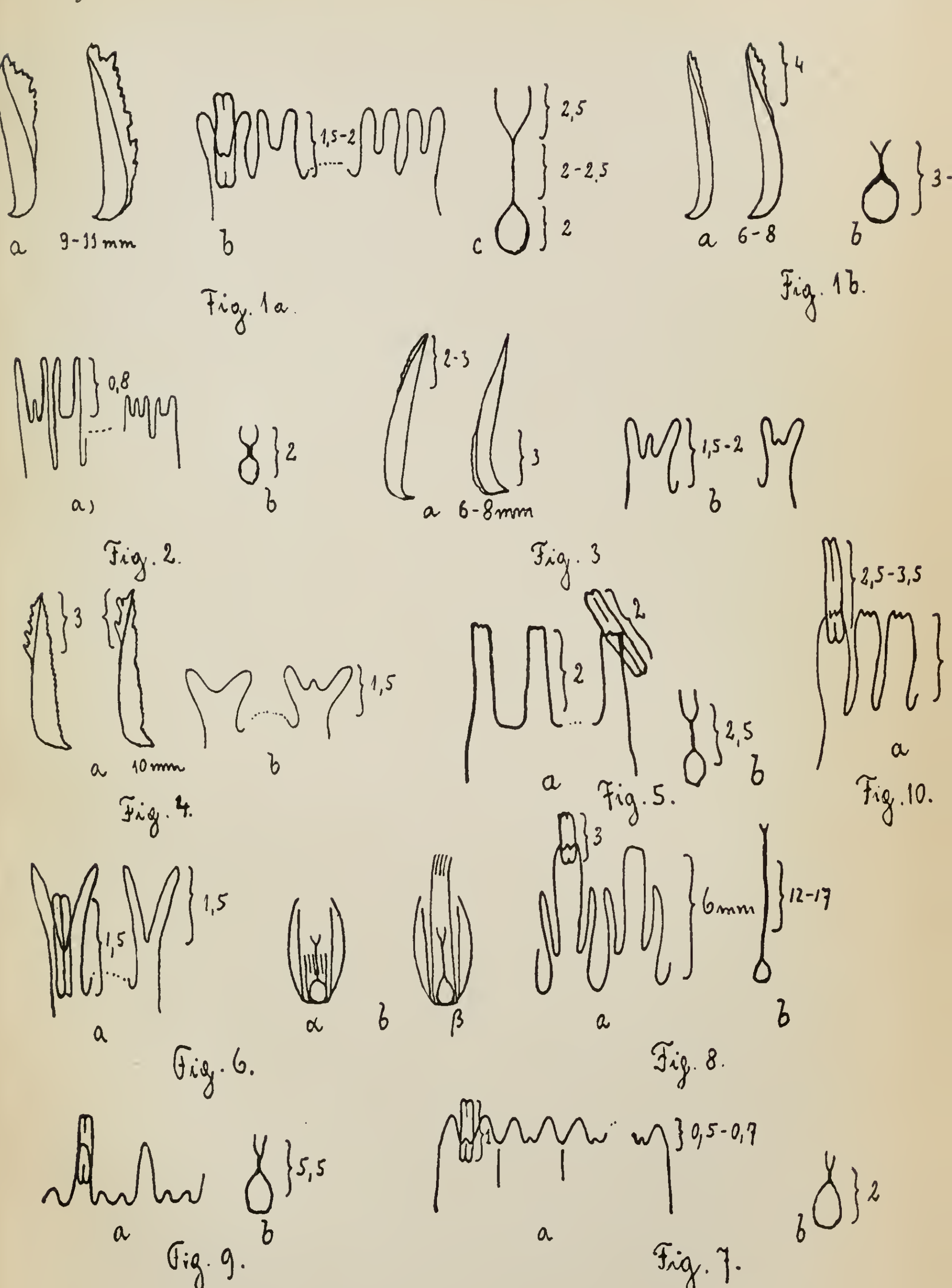



1911
1910
1909
1908
Koeleria cristata. Pers.
var. β.
albescens.




1911
1910
1909
1908
Viola canina L.
st
st k
hc
st.k
wk
s.st.
hw
s st.
w₁
w₂
w.k
w₁
w₂
Melandryum album




a
9-11 mm
b
1,5-2
c
2,5
2-2,5
2
Fig. 1a.
4
a
6-8
b
3
Fig. 1b.
0,8
a)
b
2
Fig. 2.
2-3
3
a
6-8mm
1,5-2
b
Fig. 3
3
a
10mm
b
1,5
Fig. 4.
2
2
2,5
a
b
Fig. 5.
2,5-3,5
a
Fig. 10.
1,5
1,5
a
α
b
β
Fig. 6.
3
6mm
12-17
a
b
Fig. 8.
5,5
a
b
Fig. 9.
1
0,5-0,7
a
2
b
Fig. 7.

